



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Διαχείριση
Αποβλήτων» (ΔΙΑ)

Διπλωματική Εργασία

**Αποδοτικότητα συστημάτων χωριστής συλλογής
απορριμματικών συσκευασιών και αποβλήτων
κλωστοϋφαντουργίας στον Δήμο Θεσσαλονίκης: συγκριτική
ανάλυση ανταποδοτικής ανακύκλωσης (RVM) και συστήματος
μπλε κάδου**

Κοσμάς Μηνάδης

Επιβλέπων Καθηγητής: Δημήτριος Κομίλης
Συν-Επιβλέπων Καθηγητής: Κωνσταντίνος Κομνίτσας

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



**Αποδοτικότητα συστημάτων χωριστής συλλογής
απορριμματικών συσκευασιών και αποβλήτων
κλωστοϋφαντουργίας στον Δήμο Θεσσαλονίκης: συγκριτική
ανάλυση ανταποδοτικής ανακύκλωσης (RVM) και συστήματος
μπλε κάδου**

Κοσμάς Μηνάδης

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Δημήτριος Κομίλης

Καθηγητής, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Κωνσταντίνος Κομνίτσας

Καθηγητής, Πολυτεχνείο Κρήτης

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2026

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Δημήτριο Κομίλη και τον συν-επιβλέποντα Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Κομνίτσα για την καθοδήγηση και τις παρατηρήσεις τους καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Ευχαριστώ επίσης τη Διεύθυνση Ανακύκλωσης και Σχεδιασμού Διαχείρισης Απορριμμάτων του Δήμου Θεσσαλονίκης, την ΕΕΑΑ Α.Ε., την TEXAN Α.Β.Ε.Ε. και την East West Greece ΙΚΕ για τη διάθεση των πρωτογενών δεδομένων.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αξιολογεί συγκριτικά την αποδοτικότητα των συστημάτων χωριστής συλλογής αποβλήτων συσκευασίας που λειτουργούν παράλληλα στον Δήμο Θεσσαλονίκης κατά την περίοδο 2023–2025: του συστήματος Μπλε Κάδου (ΣΣΕΔ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ, ΕΕΑΑ) και του δικτύου 48 μηχανημάτων ανταποδοτικής ανακύκλωσης (RVM) του συστήματος «ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ». Συμπληρωματικά εξετάζεται το τρίτο ρεύμα χωριστής συλλογής, τα οικιακά απόβλητα κλωστοϋφαντουργίας (απορριπτόμενα ενδύματα), που συλλέγονται μέσω 334 ειδικών κάδων. Η ανάλυση στηρίζεται αποκλειστικά σε πρωτογενή λειτουργικά δεδομένα (ζυγολόγια γεφυροπλάστιγγας ΣΜΑ, καταγραφές τεμαχίων RVM, οριστικές δηλώσεις ΗΜΑ, πιστοποιημένες αναλύσεις σύστασης ΚΔΑΥ), τα οποία ενοποιήθηκαν σε σχεσιακό μοντέλο Power BI με κοινή γεωχωρική διάσταση 25 συνοικιών.

Επειδή τα RVM καταγράφουν τεμάχια και όχι βάρος, αναπτύχθηκε διπλό μεθοδολογικό σχήμα μετατροπής σε μάζα με δυναμικούς ετήσιους συντελεστές: το Σενάριο Α (μόνο συσκευασία) και το Σενάριο Β (συσκευασία και ανακυκλώσιμα μη συσκευασίας). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο Μπλε Κάδος παραμένει ο κύριος πυλώνας χωριστής συλλογής σε όγκο (82,9% του συνόλου υπό Σεν. Α το 2025, 53,2 kg/κάτοικο), ενώ τα RVM αυξήθηκαν από 592 t στο τετράμηνο λειτουργίας του 2023 σε 4.626 t το 2024 και 6.066 t το 2025 υπό Σεν. Β (+31% μεταξύ των δύο πλήρων ετών), με ποσότητα που αντιστοιχεί έως και στο 5,1% των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων του Δήμου το 2025 και αναδεικνύόμενα σε κυρίαρχο κανάλι για το PET και το αλουμίνιο (65% έως 86% του αθροίσματος ανάκτησης ΚΔΑΥ και συλλογής RVM το 2025, ανάλογα με τους συντελεστές βάρους). Η ανά κοινότητα ανάλυση αποκαλύπτει έντονη χωρική ανισομέρεια (λόγος 14,8:1 μεταξύ Β΄ και Α΄ Δημοτικής Κοινότητας), η οποία ενδέχεται να οφείλεται στην πυκνότητα υποδομής, στον χαρακτήρα χρήσης γης και στις διαδημοτικές ροές χρηστών. Η συλλογή κλωστοϋφαντουργικών κυμαίνεται μεταξύ 1,76 και 2,12 kg/κάτοικο ετησίως, με μείωση 15,7% το 2025, χωρίς κόστος για τον Δήμο. Η εργασία διακρίνει ρητά τη χωριστή συλλογή από την ανακύκλωση και παρέχει ενδεικτική αναγωγή των δεικτών σε όρους καθαρότητας, συμβάλλοντας στην εμπειρική βάση για τη συγκριτική αξιολόγηση κάδου και ανταποδοτικού συστήματος σε ελληνικό αστικό περιβάλλον.

Λέξεις – Κλειδιά

Χωριστή συλλογή, απόβλητα συσκευασίας, ανταποδοτική ανακύκλωση (RVM), σύστημα εγγυοδοσίας, μπλε κάδος, απόβλητα κλωστοϋφαντουργίας

Efficiency of separate collection systems for packaging waste and textile waste in the Municipality of Thessaloniki: a comparative analysis of reward-based reverse vending machines (RVM) and the blue bin system

Kosmas Minadis

Abstract

This thesis provides a comparative assessment of the efficiency of the separate collection systems for packaging waste operating in parallel in the Municipality of Thessaloniki, Greece, during 2023–2025: the blue bin system (HERRCO collective compliance scheme) and the network of 48 reward-based reverse vending machines (RVM) of the "Antapodotiki Anakyklosi" scheme. The third separate collection stream, household textile waste (discarded clothing) collected through 334 dedicated containers, is also examined. The analysis relies exclusively on primary operational data (weighbridge records of the municipal transfer station, RVM item counts, official Electronic Waste Registry declarations and certified composition analyses of the sorting facility), integrated into a relational Power BI model with a common geospatial dimension of 25 neighbourhoods.

Since RVMs record items rather than mass, a dual conversion framework with dynamic annual coefficients was developed: Scenario A (packaging only) and Scenario B (packaging plus non-packaging recyclables). Results show that the blue bin remains the main pillar of separate collection by volume (82.9% of the total under Scenario A in 2025, 53.2 kg per capita), while the RVM network grew from 592 t in its four months of operation in 2023 to 4,626 t in 2024 and 6,066 t in 2025 under Scenario B (+31% between the two full years), a quantity equivalent to up to 5.1% of the municipality's mixed municipal waste in 2025 and becoming the dominant channel for PET and aluminium (65% to 86% of combined sorting-plant recovery and RVM collection in 2025, depending on the weight coefficients). The community-level analysis reveals pronounced spatial disparity (a 14.8:1 ratio between the 2nd and 1st Municipal Communities), possibly linked to infrastructure density, land-use character and cross-boundary user flows. Textile collection ranged between 1.76 and 2.12 kg per capita per year, declining by 15.7% in 2025, at no cost to the municipality. The thesis explicitly distinguishes separate collection from recycling and provides an indicative purity-adjusted comparison, contributing

to the empirical basis for evaluating bin-based and reward-based systems side by side in a Greek urban setting.

Keywords

Separate collection, packaging waste, reverse vending machines (RVM), deposit return system, blue bin, textile waste

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	iv
Περίληψη	v
Abstract.....	vii
Περιεχόμενα.....	ix
Κατάλογος Σχημάτων.....	xi
Κατάλογος Πινάκων	xii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	xiii
1 Εισαγωγή	1
1.1 Στόχος και σκοπιμότητα της εργασίας	1
1.2 Οριοθέτηση όρων	2
1.3 Δομή της εργασίας.....	3
2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	4
2.1 Συστήματα χωριστής συλλογής αποβλήτων συσκευασίας σε κάδο.....	4
2.2 Συστήματα εγγυοδοσίας και μηχανήματα ανταποδοτικής ανακύκλωσης.....	6
2.3 Αλληλεπίδραση εγγυοδοσίας και συλλογής σε κάδο	8
2.4 Συστήματα συλλογής απορριπτόμενων ρούχων στην Ευρώπη.....	8
2.5 Σύνοψη και ερευνητικό κενό	9
3 Μεθοδολογία Συλλογής και Επεξεργασίας Δεδομένων	11
3.1 Πηγές δεδομένων.....	11
3.2 Επεξεργασία και ανάλυση	12
3.3 Μεθοδολογική σημείωση για τον Μπλε Κάδο	13
4 Πληθυσμιακά Στοιχεία και Δίκτυο Κάδων	16
4.1 Διοικητική διαίρεση και πληθυσμός	16
4.2 Δίκτυο κάδων ανά κοινότητα	16
5 Απόβλητα Συσκευασίας: Συστήματα Συλλογής και Αποτελέσματα	18
5.1 Σύστημα Μπλε Κάδου.....	18
5.2 Σύστημα RVM: το μεθοδολογικό ζήτημα της μέτρησης μάζας.....	19
5.3 Συνολικά αποτελέσματα χωριστής συλλογής 2023–2025	20
5.4 Το RVM ως εργαλείο εκτροπής ΑΣΑ	22
5.5 Μερίδιο RVM στο μείγμα χωριστής συλλογής.....	22
5.6 Αποδοτικότητα ανά μονάδα υποδομής.....	23

5.7 Σύγκριση καναλιών χωριστής συλλογής ανά υλικό (PET, αλουμίνιο/CAN, γυαλί)...	24
5.7.1 Μεθοδολογία υπολογισμού: χωριστή συλλογή RVM	24
5.7.2 Μεθοδολογία υπολογισμού: χωριστή συλλογή Μπλε Κάδου	25
6 Διαφοροποιημένη Απόδοση RVM ανά Δημοτική Κοινότητα.....	31
6.1 Ποσοτική αποτύπωση.....	31
6.2 Ερμηνεία των διαφοροποιήσεων	32
7 Απόβλητα Κλωστοϋφαντουργίας	34
7.1 Οργάνωση του συστήματος συλλογής	34
7.2 Γεωγραφική κατανομή και αποτελέσματα	34
7.3 Ρυθμιστικό πλαίσιο και προοπτικές	35
7.4 Ετήσια δεδομένα συλλογής 2023–2025	36
8 Συμπεράσματα.....	38
8.1 Σύνοψη κύριων ευρημάτων	38
8.2 Συμβολή της εργασίας σε σχέση με τη βιβλιογραφία	39
8.3 Χωριστή συλλογή έναντι ανακύκλωσης: ενδεικτική αναγωγή σε όρους καθαρότητας	40
8.4 Περιορισμοί και προοπτικές	41
Βιβλιογραφία	42

Κατάλογος Σχημάτων

Ετήσιες ποσότητες χωριστής συλλογής ανά σύστημα και σενάριο, 2023–2025.....	21
Χωριστή συλλογή ανά υλικό και κανάλι (στοιβαγμένη απεικόνιση Μπλε Κάδου και RVM, σε τόνους), 2023–2025.	27
Εξέλιξη της ποσοστιαίας συνεισφοράς των RVM στη συνολική χωριστή συλλογή ανά υλικό, 2023–2025.....	27

Κατάλογος Πινάκων

Σύγκριση καταγεγραμμένης συλλογής (πρόγραμμα κίνησης) και δηλωθέντων ΚΔΑΥ στο ΗΜΑ (ΕΚΑ 15 01 06), 2023–2025.	13
Μόνιμος πληθυσμός ανά Δημοτική Ενότητα και Κοινότητα (ΕΛ.ΣΤΑΤ. 2021).....	16
Αριθμός εγκατεστημένων κάδων ανά Δημοτική Κοινότητα.	17
Συνολικές ποσότητες (t) χωριστής συλλογής ανά σύστημα (Δ. Θεσσαλονίκης 2023–2025). 20	
Δείκτες χωριστής συλλογής σε kg/κάτοικο/έτος (kg/cap-y).....	21
Εκτροπή ΑΣΑ μέσω RVM ως ποσοστό των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων του Δήμου (παρονομαστής ανά έτος από ΗΜΑ).	22
Μερίδιο RVM στο σύνολο χωριστά συλλεγόμενων αποβλήτων συσκευασίας (Σεν. Α) και ανακυκλώσιμων υλικών (Σεν. Β).....	23
Σύγκριση αποδοτικότητας RVM έναντι μπλε κάδου ανά μονάδα υποδομής (48 μηχανήματα RVM, 3.619 μπλε κάδοι).	23
Μέση ετήσια σύσταση μπλε κάδου από τις πιστοποιημένες αναλύσεις ΚΔΑΥ Σίνδου, 2023–2025.....	26
Χωριστή συλλογή ανά υλικό και κανάλι (t) και συνεισφορά RVM, 2023–2025.....	26
Συντελεστές μετατροπής τεμαχίων σε μάζα, καταγεγραμμένα τεμάχια και ποσότητες RVM ανά σενάριο, 2023–2025.....	29
Απόδοση RVM ανά Δημοτική Κοινότητα Θεσσαλονίκης, 2023–2025 (Σεν. Α).....	31
Κατανομή μωβ κάδων και εκτιμώμενη απόδοση κλωστοϋφαντουργίας ανά κοινότητα (2025).	35
Ετήσια δεδομένα συλλογής αποβλήτων κλωστοϋφαντουργίας, Δήμος Θεσσαλονίκης 2023–2025.....	36
Κύρια ευρήματα της ΜΔΕ: βασικοί αριθμητικοί δείκτες.....	38

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΑΣΑ	Αστικά Στερεά Απόβλητα
ΔΕ	Δημοτική Ενότητα
ΔΚ	Δημοτική Κοινότητα
ΔσΠ	Διαλογή στην Πηγή
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
ΕΕΑΑ	Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης
ΕΚΑ	Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων
ΕΛ.ΣΤΑΤ.	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΟΑΝ	Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης
ΕΣΔΑ	Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων
ΖΜΛ	Ζώνη Μητροπολιτικών Λειτουργιών
ΗΜΑ	Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων
ΚΔΑΥ	Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΜΔΕ	Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
ΜΚ	Μπλε Κάδος
ΠΕΣΔΑ	Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων
ΣΜΑ	Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων
ΣΣΕΔ	Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης
ΤΣΔΑ	Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων
ΥΕΜ	Έντυπο Ανάλυσης Εισόδου–Παραγωγής ΚΔΑΥ της ΕΕΑΑ
ΦοΔΣΑ	Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
CAN	Μεταλλικές συσκευασίες ποτών (αλουμίνιο/λευκοσίδηρος)
DAX	Data Analysis Expressions
DRS	Deposit Return (Refund) System, Σύστημα Επιστροφής Εγγύησης
EPR	Extended Producer Responsibility, Διευρυμένη Ευθύνη Παραγωγού
PET	Πολυαιθυλενοτερεφθαλικός εστέρας (Polyethylene terephthalate)
PPWR	Packaging and Packaging Waste Regulation, Κανονισμός (ΕΕ) 2025/40
RVM	Reverse Vending Machine, Μηχάνημα Αντίστροφης Πώλησης

1 Εισαγωγή

1.1 Στόχος και σκοπιμότητα της εργασίας

Στον Δήμο Θεσσαλονίκης λειτουργούν από το 2023 παράλληλα δύο διαφορετικά συστήματα χωριστής συλλογής αποβλήτων συσκευασίας, τα οποία σε μεγάλο βαθμό διεκδικούν τα ίδια υλικά. Μέχρι σήμερα δεν έχει γίνει συστηματική σύγκριση της αποτελεσματικότητάς τους με πραγματικά δεδομένα λειτουργίας.

Το παραδοσιακό σύστημα Μπλε Κάδου, σε συνεργασία με την ΕΕΑΑ Α.Ε. (ΣΣΕΔ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ), λειτουργεί στον Δήμο ήδη πριν από το 2011, αρχικά μέσω του ΟΤΑ Μείζονος Θεσσαλονίκης και από τις 09.05.2011 με απευθείας σύμβαση συνεργασίας Δήμου–ΕΕΑΑ (Δήμος Θεσσαλονίκης, 2011α, 2011β) και αποτελεί τον κύριο πυλώνα χωριστής συλλογής σε όρους συλλεγόμενου όγκου. Παράλληλα, από τον Σεπτέμβριο του 2023 τέθηκαν σταδιακά σε λειτουργία 48 πολυκέντρα ανακύκλωσης ιδιοκτησίας του Δήμου με μηχανήματα αντίστροφης πώλησης (Reverse Vending Machines, RVM), τα οποία εντάσσονται στο εθνικό Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Ανταποδοτικής Διαχείρισης «ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ» μέσω σύμβασης συνεργασίας άνευ ανταλλάγματος (Δήμος Θεσσαλονίκης, 2024): 36 μηχανήματα κατέγραψαν την πρώτη τους χρήση μεταξύ Σεπτεμβρίου και Δεκεμβρίου 2023, 2 τον Ιανουάριο του 2024 και τα υπόλοιπα 10 μεταξύ Μαρτίου και Ιουνίου του 2024. Πρόκειται για σύστημα με χρηματικό κίνητρο επιστροφής (ανταποδοτικό σύστημα), το οποίο συλλέγει κατά κύριο λόγο μονοϋλικά ρεύματα πλαστικής, μεταλλικής και γυάλινης συσκευασίας, καθώς και ανακυκλώσιμα υλικά που δεν αποτελούν απόβλητα συσκευασίας.

Οι κύριοι ερευνητικοί στόχοι της ΜΔΕ εστιάζουν στη συγκριτική αποτίμηση της αποτελεσματικότητας μεταξύ του ανταποδοτικού συστήματος και του παραδοσιακού κάδου, καθώς και στον ακριβή υπολογισμό της μάζας αποβλήτων που εκτρέπεται από τον ΧΥΤΑ μέσω των RVM, αν ληφθούν υπόψη και τα ανακυκλώσιμα υλικά που δεν αποτελούν απόβλητα συσκευασίας και συλλέγονται μαζί με τις συσκευασίες. Παράλληλα αναλύεται πώς κατανέμεται η απόδοση ανά δημοτική κοινότητα και από τι εξαρτάται. Επιπλέον αναλύονται τα δεδομένα της τρίτης κατηγορίας χωριστής συλλογής, των αποβλήτων κλωστοϋφαντουργίας.

Η σκοπιμότητα της εργασίας ενισχύεται από το ευρύτερο ρυθμιστικό πλαίσιο: η Οδηγία 94/62/ΕΚ για τις συσκευασίες και ο Κανονισμός (ΕΕ) 2025/40 που την αντικαθιστά, η Οδηγία

(ΕΕ) 2019/904 για τα πλαστικά μίας χρήσης, ο Ν. 4819/2021 για τη διαχείριση των αποβλήτων, ο ΕΣΔΑ 2020 και ο ισχύων ΠΕΣΔΑ Κεντρικής Μακεδονίας (2η Αναθεώρηση, 2016) θέτουν αυξανόμενους στόχους χωριστής συλλογής και ανακύκλωσης, χωρίς ωστόσο να διαθέτουν επαρκή εμπειρική βάση για τη συγκριτική απόδοση των δύο συστημάτων σε ελληνικό αστικό περιβάλλον. Η εργασία επιχειρεί να καλύψει εν μέρει την έλλειψη αυτή, με δεδομένα λειτουργίας από έναν μεγάλο ελληνικό δήμο.

1.2 Οριοθέτηση όρων

Για την ορθή ανάγνωση των αποτελεσμάτων είναι απαραίτητη η σαφής διάκριση δύο εννοιών που συχνά συγχέονται στον δημόσιο λόγο. Ως **χωριστή συλλογή** (separate collection) νοείται, σύμφωνα με το άρθρο 3 της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ, η συλλογή κατά την οποία μια ροή αποβλήτων διατηρείται χωριστά με βάση τον τύπο και τη φύση της, ώστε να διευκολύνεται η ειδική επεξεργασία της. Ως **ανακύκλωση** (recycling) νοείται η εργασία ανάκτησης με την οποία τα απόβλητα μετατρέπονται εκ νέου σε προϊόντα, υλικά ή ουσίες, και υπολογίζεται, σύμφωνα με την Εκτελεστική Απόφαση (ΕΕ) 2019/1004, επί των ποσοτήτων που εισέρχονται πράγματι στη διεργασία ανακύκλωσης, δηλαδή μετά την αφαίρεση των υπολειμμάτων διαλογής.

Οι ποσότητες που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία, για τον Μπλε Κάδο, τα RVM και τους κάδους ιματισμού, είναι ποσότητες **χωριστής συλλογής** και όχι ποσότητες ανακύκλωσης. Η διάκριση είναι ουσιώδης, διότι τα δύο συστήματα συλλογής συσκευασιών διαφέρουν ριζικά ως προς την καθαρότητα του ρεύματος: το περιεχόμενο του Μπλε Κάδου είναι μεικτό και, με βάση το ισοζύγιο μάζας του ΚΔΑΥ και τις αναλύσεις εισόδου–παραγωγής, περίπου το 45% του φορτίου του αποτελεί υπόλειμμα που οδηγείται σε ταφή, δηλαδή η καθαρότητά του είναι της τάξης του 55% (ενότητα 5.1), ενώ το μονοϋλικό ρεύμα των RVM εμφανίζει καθαρότητα που προσεγγίζει το 100%. Συνεπώς, η σύγκριση σε όρους χωριστής συλλογής υποεκτιμά τη σχετική επίδοση των RVM σε όρους ανακύκλωσης. Η αναγωγή των δεικτών σε όρους καθαρότητας παρουσιάζεται ενδεικτικά στο Κεφάλαιο 8.

Διευκρινίζεται, επίσης, ότι ο όρος «**κλωστοϋφαντουργικά απόβλητα**» ή «**απόβλητα κλωστοϋφαντουργίας**», όπως χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία, αφορά αποκλειστικά τα

οικιακά απορριπτόμενα ενδύματα, υποδήματα και είδη ιματισμού (post-consumer textiles) που συλλέγονται μέσω των ειδικών κάδων ιματισμού του Δήμου, και όχι κλωστοϋφαντουργικά απόβλητα βιομηχανικής προέλευσης (pre-consumer ή production waste), τα οποία αποτελούν διακριτό ρεύμα με διαφορετικό ρυθμιστικό πλαίσιο και διαφορετικές οδούς διαχείρισης.

1.3 Δομή της εργασίας

Η εργασία διαρθρώνεται σε οκτώ κεφάλαια. Το Κεφάλαιο 2 παρουσιάζει συνοπτική βιβλιογραφική ανασκόπηση των συστημάτων χωριστής συλλογής συσκευασιών (κάδος και εγγυοδοσία) και των συστημάτων συλλογής απορριπτόμενων ρούχων στην Ευρώπη. Το Κεφάλαιο 3 περιγράφει τις πηγές δεδομένων και τη μεθοδολογία επεξεργασίας. Το Κεφάλαιο 4 παρουσιάζει τα πληθυσμιακά στοιχεία και το δίκτυο κάδων. Το Κεφάλαιο 5 αναλύει τα αποτελέσματα χωριστής συλλογής αποβλήτων συσκευασίας ανά σύστημα, το Κεφάλαιο 6 τη διαφοροποιημένη απόδοση των RVM ανά δημοτική κοινότητα και το Κεφάλαιο 7 τα απόβλητα κλωστοϋφαντουργίας. Το Κεφάλαιο 8 συνοψίζει τα συμπεράσματα, τους περιορισμούς και τις προοπτικές της έρευνας.

2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει συνοπτικά τη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία για τα δύο συστήματα χωριστής συλλογής αποβλήτων συσκευασίας που συγκρίνονται στην εργασία, δηλαδή τη συλλογή σε κάδο μεικτών ανακυκλώσιμων (στην Ελλάδα, τον «Μπλε Κάδο») και τα συστήματα εγγυοδοσίας ή ανταπόδοσης με μηχανήματα RVM, καθώς και για τα συστήματα συλλογής απορριπτόμενων ρούχων στην Ευρώπη. Η ανασκόπηση εστιάζει σε δημοσιεύσεις της τελευταίας πενταετίας και στο ισχύον ενωσιακό ρυθμιστικό πλαίσιο, ώστε να τοποθετηθεί με σαφήνεια το ερευνητικό κενό που καλύπτει η εργασία.

2.1 Συστήματα χωριστής συλλογής αποβλήτων συσκευασίας σε κάδο

Η χωριστή συλλογή των οικιακών αποβλήτων συσκευασίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση οργανώνεται κατά κανόνα στο πλαίσιο συστημάτων διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού (Extended Producer Responsibility, EPR), τα οποία θεσπίστηκαν με την Οδηγία 94/62/EK, ενισχύθηκαν με την Οδηγία (ΕΕ) 2018/852 και πλέον διέπονται από τον Κανονισμό (ΕΕ) 2025/40 για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας (PPWR), ο οποίος τέθηκε σε ισχύ στις 11 Φεβρουαρίου 2025 και εφαρμόζεται από τις 12 Αυγούστου 2026. Οι κατευθυντήριες γραμμές της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την EPR (Monier et al., 2014) περιγράφουν τα εναλλακτικά οργανωτικά μοντέλα των συστημάτων, από τα συλλογικά συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης έως τα συστήματα εγγυοδοσίας.

Σε επίπεδο υποδομής, τα κυρίαρχα μοντέλα συλλογής των οικιακών συσκευασιών είναι δύο: η συλλογή πόρτα-πόρτα ή σε κάδους πεζοδρομίου (kerbside), με ενιαίο ρεύμα μεικτών ανακυκλώσιμων ή με περισσότερα διακριτά ρεύματα, και η συλλογή σε κεντρικά σημεία απόθεσης (bring systems, bring banks). Οι Hahladakis et al. (2018), αναλύοντας τα ρεύματα πλαστικών συσκευασιών στην Αγγλία, διαπίστωσαν ότι η συλλογή στο πεζοδρόμιο συγκεντρώνει περίπου το 90% των ποσοτήτων, έναντι 9% για τα δημοτικά κέντρα συλλογής και 1% για τα σημεία απόθεσης, αλλά και ότι μόνο μικρό μέρος των συλλεγόμενων πλαστικών κατέληγε τελικά σε μονάδες ανακύκλωσης, λόγω απωλειών κατά τη διαλογή. Οι Tallentire και Steubing (2020) τεκμηρίωσαν τη μεγάλη διακύμανση των ποσοστών σύλληψης (capture rates) των συσκευασιών μεταξύ ευρωπαϊκών δήμων με παρόμοια χαρακτηριστικά και κατέληξαν ότι

η βελτίωση της χωριστής συλλογής από μόνη της δεν αρκεί για την επίτευξη των στόχων ανακύκλωσης, εφόσον δεν μειωθούν οι απώλειες στα στάδια διαλογής και ανακύκλωσης.

Η κύρια αδυναμία της συλλογής σε ενιαίο μεικτό ρεύμα είναι η χαμηλή καθαρότητα. Οι Roosen et al. (2022), προσομοιώνοντας τη διεύρυνση του ρεύματος πλαστικών συσκευασιών στο Βέλγιο, έδειξαν ότι, ενώ το ποσοστό συλλογής αυξάνεται από 33,6% σε 64,4%, μόνο το 49,8% των πλαστικών συσκευασιών διαλέγεται ορθά στα επιθυμητά κλάσματα. Στην Πολωνία, πριν από την εισαγωγή του συστήματος εγγυοδοσίας, οι προσμείξεις στο χωριστά συλλεγόμενο ρεύμα πλαστικών και μετάλλων εκτιμήθηκαν σε περίπου 22% της μάζας, με το μέγιστο αξιοποιήσιμο για μηχανική ανακύκλωση κλάσμα να μην υπερβαίνει το 57% (Hryb et al., 2026). Οι παράγοντες που εξηγούν την απόδοση των συστημάτων σε κεντρικά σημεία απόθεσης έχουν μελετηθεί ποσοτικά από τους Oliveira et al. (2018) σε 42 δήμους της Πορτογαλίας: ο αριθμός κατοίκων ανά σημείο απόθεσης, η προσβασιμότητα των σημείων, ο βαθμός αστικοποίησης και το μορφωτικό επίπεδο εξηγούν το 73% της διακύμανσης των κατά κεφαλήν αποδόσεων. Σε ευρύτερο επίπεδο, η Knickmeyer (2020) συνοψίζει τους κοινωνικούς παράγοντες (ευκολία, γνώση, κοινωνικές νόρμες) που καθορίζουν τη συμμετοχή των νοικοκυριών στη διαλογή στην πηγή, ιδίως σε πυκνοδομημένες αστικές περιοχές.

Στην Ελλάδα, η χωριστή συλλογή συσκευασιών βασίζεται από το 2003 στο δίκτυο μπλε κάδων του ΣΣΕΔ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ (ΕΕΑΑ Α.Ε.), το οποίο συλλέγει ενιαίο ρεύμα «μεικτής συσκευασίας» (ΕΚΑ 15 01 06) που διαλέγεται σε Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ). Πρόσφατες μελέτες στο ελληνικό αστικό περιβάλλον εστιάζουν στους προσδιοριστικούς παράγοντες της συμπεριφοράς διαλογής στην πηγή: οι Emmanouil et al. (2024), με δείγμα περίπου 1.600 κατοίκων της Θεσσαλονίκης, εφάρμοσαν τη Θεωρία της Σχεδιασμένης Συμπεριφοράς και διαπίστωσαν ότι η στάση απέναντι στη διαλογή είναι ο ισχυρότερος προγνωστικός παράγοντας της πρόθεσης, με σημαντική διαμεσολάβηση των ηθικών νορμών. Σε πιλοτικό πρόγραμμα συλλογής πόρτα-πόρτα στη Ραφήνα-Πικέρμι, οι Kokkinos et al. (2025) μέτρησαν καθαρότητα περίπου 93% για τα ανακυκλώσιμα και 98% για τα βιοαπόβλητα, τιμές πολύ υψηλότερες από εκείνες του ενιαίου ρεύματος των μπλε κάδων, γεγονός που αναδεικνύει τη σημασία του τρόπου συλλογής για την ποιότητα του υλικού.

2.2 Συστήματα εγγυοδοσίας και μηχανήματα ανταποδοτικής ανακύκλωσης

Τα συστήματα εγγυοδοσίας ή επιστροφής εγγύησης (Deposit Return Systems ή Deposit Refund Systems, DRS) συνδυάζουν μια χρέωση κατά την αγορά της συσκευασίας ποτού με την επιστροφή της χρέωσης κατά την επιστροφή της κενής συσκευασίας σε σημείο επιστροφής, συνήθως μέσω μηχανημάτων αντίστροφης πώλησης (RVM). Η οικονομική τους αποδοτικότητα τεκμηριώθηκε νωρίς με αναλύσεις κόστους-οφέλους (Lavee, 2010; Linderhof et al., 2019). Η πλέον πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση των Sidoreczuk-Pietraszko et al. (2025) καταγράφει ότι, τον Σεπτέμβριο του 2025, δεκαέξι από τα 27 κράτη μέλη της ΕΕ διέθεταν λειτουργούντα συστήματα εγγυοδοσίας, ότι στις χώρες με πλήρως λειτουργικά συστήματα τα ποσοστά συλλογής των καλυπτόμενων συσκευασιών υπερβαίνουν το 85% και ότι η εισαγωγή τους συνοδεύεται από μείωση της απόρριψης σε δημόσιους χώρους (littering) κατά 40 έως 60%. Η ανάλυση του Lakhan (2024) επιβεβαιώνει ποσοστά ανάκτησης άνω του 90% σε ώριμα συστήματα όπως της Γερμανίας, της Νορβηγίας και της Λιθουανίας, επισημαίνοντας ταυτόχρονα το υψηλό κόστος εγκατάστασης και τις ανάγκες θεσμικής σταθερότητας.

Η κριτική ανασκόπηση των Picuno et al. (2025) αναδεικνύει ότι η απόδοση ενός συστήματος εγγυοδοσίας καθορίζεται από την ισορροπία τριών παραγόντων: της πυκνότητας και της χωροθέτησης των σημείων επιστροφής, του ύψους της εγγύησης και της ενημέρωσης του κοινού. Η οικονομετρική ανάλυση πάνελ των Nikolić και Južnik Rotar (2026) για τα κράτη μέλη της ΕΕ δείχνει ότι η ύπαρξη συστήματος εγγυοδοσίας και το ύψος της εγγύησης έχουν στατιστικά σημαντική θετική επίδραση στα ποσοστά ανακύκλωσης συσκευασιών, ιδίως των πλαστικών, ενώ διαρθρωτικοί παράγοντες όπως η πληθυσμιακή πυκνότητα και η ένταση του τουρισμού επηρεάζουν σημαντικά την αποδοτικότητα, εύρημα ιδιαίτερα συναφές με τη χωρική ανάλυση του Κεφαλαίου 6. Στην ίδια ανασκόπηση, η αναλογία σημείων επιστροφής προς πληθυσμό σε τέσσερα ευρωπαϊκά συστήματα εγγυοδοσίας κυμαίνεται από 1:356 (Νορβηγία) έως 1:1.117 (Λιθουανία), με τη Γερμανία, που εμφανίζει το υψηλότερο ποσοστό επιστροφής (97%), στο 1:639.

Το ρυθμιστικό πλαίσιο έχει καταστήσει τα συστήματα αυτά υποχρεωτικά. Το άρθρο 9 της Οδηγίας (ΕΕ) 2019/904 θέτει στόχους χωριστής συλλογής των πλαστικών φιαλών ποτών 77% έως το 2025 και 90% έως το 2029, ενώ το άρθρο 50 του Κανονισμού (ΕΕ) 2025/40 υποχρεώνει τα κράτη μέλη να έχουν θεσπίσει, έως την 1η Ιανουαρίου 2029, σύστημα εγγυοδοσίας για τις

πλαστικές φιάλες και τα μεταλλικά δοχεία ποτών μίας χρήσης χωρητικότητας έως 3 λίτρων, με στόχο χωριστής συλλογής 90% κατά βάρος. Εξαίρεση προβλέπεται μόνο για κράτη μέλη που θα επιτύχουν ποσοστό χωριστής συλλογής τουλάχιστον 80% το 2026 και θα υποβάλουν σχέδιο επίτευξης του 90%. Στην Πορτογαλία, το πιλοτικό πρόγραμμα με 23 RVM σε καταστήματα λιανικής (Martinho et al., 2024a; 2024b) απέδειξε ότι το υλικό που συλλέγεται μέσω RVM έχει ποιότητα κατάλληλη για παραγωγή νιφάδων PET τροφικής χρήσης, ότι το οικονομικό κίνητρο και η χωροθέτηση των μηχανημάτων είναι καθοριστικά για τη συμμετοχή και, μεθοδολογικά, ότι ο συνδυασμός των καταγραφών τεμαχίων των RVM με δειγματοληπτικό χαρακτηρισμό του περιεχομένου των σάκων επιτρέπει τον υπολογισμό λειτουργικών δεικτών και μοναδιαίων βαρών, προσέγγιση συγγενής με τη μεθοδολογία της παρούσας εργασίας. Στην Ουγγαρία, οι Jaber et al. (2026) διαπίστωσαν ότι, μετά την έναρξη του εθνικού συστήματος εγγυοδοσίας τον Ιανουάριο του 2024, η συγκέντρωση των καλυπτόμενων πλαστικών στα σύμμεικτα απόβλητα μειώθηκε απότομα σε όλες τις περιφέρειες, ενώ η επίδραση της EPR ήταν σταδιακή. Ο Abbas (2026) ανέδειξε ως εμπόδια συμμετοχής την τριβή στη χρήση των RVM και την ευκολία πρόσβασης.

Στην Ελλάδα, το εθνικό Σύστημα Επιστροφής Εγγύησης για τις πλαστικές και μεταλλικές συσκευασίες ποτών προβλέπεται από τους Ν. 4736/2020 και 4819/2021 και εξειδικεύεται με την ΚΥΑ ΥΠΕΝ/ΔΔΑ/15185/193/2025 (Β' 503), η οποία περιόρισε το πεδίο εφαρμογής στις πλαστικές φιάλες και τους μεταλλικούς περιέκτες ποτών μίας χρήσης έως 3 λίτρων και όρισε εγγυοδοτικό αντίτιμο 0,10 € για συσκευασίες έως 0,5 λίτρα και 0,15 € για μεγαλύτερες. Ο φορέας λειτουργίας του συστήματος (DRS Hellas A.E.) συστάθηκε τον Οκτώβριο του 2025 από εταιρείες του κλάδου ποτών, ενώ τον Ιανουάριο του 2026 ο ΕΟΑΝ εξέδωσε τις οδηγίες σήμανσης των συσκευασιών (Απόφαση Δ.Σ. 227.1/30.01.2026). Οι Folinas et al. (2025), με 28 συνεντεύξεις ενδιαφερόμενων μερών, εντόπισαν ως κύρια εμπόδια της επικείμενης εφαρμογής την άνιση κατανομή των υποδομών επιστροφής, την κατακερματισμένη διακυβέρνηση και τη χαμηλή συμμετοχή των καταναλωτών, ενώ οι Konstantoglou et al. (2023) έδειξαν ότι τα ηθικά κίνητρα ενισχύουν σημαντικά την αποδοχή της ανταποδοτικής ανακύκλωσης. Επισημαίνεται ότι το δίκτυο RVM που εξετάζεται στην παρούσα εργασία δεν αποτελεί σύστημα εγγυοδοσίας με την αυστηρή έννοια (χρέωση κατά την αγορά), αλλά εθελοντικό ανταποδοτικό σύστημα με χρηματικό ή σε είδος κίνητρο κατά την επιστροφή. Λειτουργεί, ωστόσο, με την ίδια τεχνολογία (RVM) και τα ίδια υλικά-στόχους, και συνιστά στην πράξη τον προάγγελο του εθνικού συστήματος.

2.3 Αλληλεπίδραση εγγυοδοσίας και συλλογής σε κάδο

Η παράλληλη λειτουργία εγγυοδοσίας και κάδου μεικτών ανακυκλώσιμων εγείρει το ζήτημα της μεταξύ τους αλληλεπίδρασης. Η βιβλιογραφία συγκλίνει στο ότι η εγγυοδοσία εκτρέπει από τον κάδο τα υλικά υψηλής αξίας (φιάλες PET, αλουμίνιο), με συνέπεια το εναπομένον μεικτό ρεύμα να καθίσταται φτωχότερο σε αξία, ενώ ταυτόχρονα το μονοϋλικό ρεύμα των RVM εμφανίζει σημαντικά χαμηλότερες προσμείξεις και επιτρέπει ανακύκλωση κλειστού βρόχου (Picuno et al., 2025; Martinho et al., 2024a). Οι Berck et al. (2021) διαπίστωσαν στην Καλιφόρνια ότι το μεγαλύτερο μέρος των συσκευασιών που επιστρέφονται με εγγύηση προέρχεται από τα σύμμεικτα και όχι από τον κάδο ανακύκλωσης. Οι Linderhof et al. (2019) επισημαίνουν ότι η πρόσθετη ανακύκλωση που επιτυγχάνει η εγγυοδοσία είναι μεγαλύτερη όπου τα υφιστάμενα ποσοστά ανακύκλωσης είναι χαμηλά, συνθήκη που ισχύει στην Ελλάδα. Η ποσοτική τεκμηρίωση της αλληλεπίδρασης αυτής σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, με πρωτογενή δεδομένα και σε επίπεδο δήμου, παραμένει σπάνια στη βιβλιογραφία, η οποία στηρίζεται κυρίως σε εθνικά στατιστικά, προσομοιώσεις ή πιλοτικά προγράμματα.

2.4 Συστήματα συλλογής απορριπτόμενων ρούχων στην Ευρώπη

Η χωριστή συλλογή των οικιακών κλωστοϋφαντουργικών αποβλήτων, δηλαδή των απορριπτόμενων ενδυμάτων, υποδημάτων και ειδών ιματισμού, κατέστη υποχρεωτική σε όλα τα κράτη μέλη από την 1η Ιανουαρίου 2025, δυνάμει του άρθρου 11 της Οδηγίας 2008/98/EK όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία (ΕΕ) 2018/851. Η Οδηγία (ΕΕ) 2025/1892, που τέθηκε σε ισχύ στις 16 Οκτωβρίου 2025, θεσπίζει επιπλέον υποχρεωτικά συστήματα διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού για τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και τα υποδήματα, τα οποία πρέπει να έχουν συσταθεί έως τις 17 Απριλίου 2028, με τους παραγωγούς να καλύπτουν το κόστος συλλογής, διαλογής και ανακύκλωσης. Πρόδρομα εθνικά συστήματα EPR λειτουργούν ήδη στη Γαλλία (από το 2007), στην Ουγγαρία και στις Κάτω Χώρες (από το 2023). Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, τα κυρίαρχα κανάλια συλλογής είναι οι κάδοι ιματισμού σε δημόσιους χώρους (bring banks), που λειτουργούν από φιλανθρωπικές οργανώσεις ή ιδιωτικούς

συλλέκτες, τα δημοτικά κέντρα συλλογής, η επιστροφή στα καταστήματα και, σπανιότερα, η συλλογή πόρτα-πόρτα (Wojnowska-Baryła et al., 2024; Jäämaa & Kaipia, 2022). Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος, τα χωριστά συλλεγόμενα κλωστοϋφαντουργικά απόβλητα στην Ευρώπη απορρίπτονται κυρίως σε κάδους οδού, ενώ από τα περίπου 16 kg κλωστοϋφαντουργικών αποβλήτων ανά κάτοικο που παρήχθησαν στην ΕΕ το 2020, μόνο τα 4,4 kg συλλέχθηκαν χωριστά και τα 11,6 kg κατέληξαν στα σύμμεικτα οικιακά απόβλητα (EEA, 2024). Σύμφωνα με την έκθεση ETC CE 2024/5 (Deckers et al., 2024), ο μέσος όρος χωριστής συλλογής στην ΕΕ-27 ανερχόταν το 2020 σε 4,4 kg/κάτοικο, με διάμεσο 3 kg/κάτοικο και εύρος από περίπου 1 kg/κάτοικο (Ελλάδα, Ιρλανδία, Σουηδία) έως 15,5 kg/κάτοικο (Βέλγιο), αποκλίσεις που αντανακλούν εν μέρει διαφορές καταγραφής, δεδομένου ότι τα είδη που συλλέγονται για άμεση επαναχρησιμοποίηση δεν καταχωρίζονται πάντοτε ως απόβλητα. Οι Morell-Delgado et al. (2024) εκτίμησαν ότι στην Καταλονία μόλις το 10% περίπου των δημοτικών κλωστοϋφαντουργικών αποβλήτων συλλέγεται χωριστά, εκ των οποίων περίπου 40% επαναχρησιμοποιείται ή ανακυκλώνεται τοπικά και 40% εξάγεται, ενώ οι Soares et al. (2024), στον Δήμο Cascais, κατέγραψαν πυκνότητα 0,98 σημείων συλλογής ανά km² (ένα σημείο ανά 2.254 κατοίκους), απουσία αξιόπιστων δεδομένων ποσοτήτων και ποσοστό επαναχρησιμοποιήσιμων ειδών κάτω του 50%. Οι Jäämaa και Kaipia (2022) χαρακτηρίζουν τη συλλογή από τα νοικοκυριά ως το «πρόβλημα του πρώτου μιλίου» της κυκλικής οικονομίας των κλωστοϋφαντουργικών, όπου η απουσία ιστορικών δεδομένων όγκου δυσχεραίνει τον σχεδιασμό. Στην Ελλάδα δεν έχει ακόμη συσταθεί σύστημα EPR για τα κλωστοϋφαντουργικά, και οι δήμοι στηρίζονται σε συμβάσεις με ιδιωτικούς συλλέκτες, όπως στην περίπτωση του Δήμου Θεσσαλονίκης που εξετάζεται στο Κεφάλαιο 7.

2.5 Σύνοψη και ερευνητικό κενό

Η βιβλιογραφία τεκμηριώνει με συνέπεια την υπεροχή των συστημάτων εγγυοδοσίας σε ποσοστά συλλογής και καθαρότητα, αλλά δεν ποσοτικοποιεί επαρκώς τη μετατόπιση υλικών από τον κάδο προς τα RVM σε επίπεδο δήμου και με πρωτογενή δεδομένα. Η μετατροπή των καταγραφών τεμαχίων των RVM σε μάζα γίνεται συνήθως με σταθερά μοναδιαία βάρη ή με δειγματοληπτικό χαρακτηρισμό, και όχι με συντελεστές που προκύπτουν από τις επίσημες δηλώσεις των φορέων. Επιπλέον, για τη συλλογή απορριπτόμενων ρούχων στην Ελλάδα δεν

υπάρχει συστηματική καταγραφή σε επίπεδο δήμου. Η εργασία επιχειρεί να συμβάλει στα ζητήματα αυτά με δεδομένα από τον Δήμο Θεσσαλονίκης, όπου λειτουργούν παράλληλα και τα τρία ρεύματα χωριστής συλλογής.

3 Μεθοδολογία Συλλογής και Επεξεργασίας Δεδομένων

3.1 Πηγές δεδομένων

Η ανάλυση στηρίζεται σε τρεις κύριες κατηγορίες πρωτογενών δεδομένων. Για το σύστημα Μπλε Κάδου χρησιμοποιήθηκαν τα ζυγολόγια της πιστοποιημένης γεφυροπλάστιγγας του Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ) του Δήμου Θεσσαλονίκης και των συνεργαζόμενων ΚΔΑΥ, που καταγράφουν κάθε φορτίο από τα δρομολόγια αποκομιδής μπλε κάδων. Συμπληρωματικά, αξιοποιήθηκαν τα μηνιαία ενημερωτικά δελτία της ΕΕΑΑ για τις ποσότητες ανακυκλώσιμων υλικών που κατευθύνονται στα συνεργαζόμενα ΚΔΑΥ και τα αντίστοιχα υπολείμματα που οδηγούνται στον ΧΥΤΑ Μαυροράχης.

Για το σύστημα RVM, τα δεδομένα αντλήθηκαν από τη διαδικτυακή πλατφόρμα portal.envico.com, η οποία παρέχει καταγραφή σε πραγματικό χρόνο του αριθμού τεμαχίων ανά κατηγορία (PET/CAN/GLASS) για κάθε μηχανήμα. Επειδή τα RVM μετρούν τεμάχια και όχι βάρος, η μετατροπή σε μάζα πραγματοποιήθηκε με συντελεστές μέσου βάρους που προέκυψαν δυναμικά ανά έτος από τις οριστικές δηλώσεις του Ηλεκτρονικού Μητρώου Αποβλήτων (HMA) της TEXAN A.B.E.E. (ΕΚΑ 15 01 02, 15 01 04, 15 01 07, 20 01 39, 20 01 40, 20 01 02). Τα 48 πολυκέντρα ανακύκλωσης είναι ιδιοκτησίας του Δήμου (Πράξη ΑΤ04 «Αντώνης Τρίτσης», ανάδοχος TEXAN A.B.E.E.) και λειτουργούν στο πλαίσιο της σύμβασης συνεργασίας με το Συλλογικό Σύστημα «ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ» (Δήμος Θεσσαλονίκης, 2024), η οποία προβλέπει την πρόσβαση του Δήμου στο ηλεκτρονικό σύστημα καταγραφής των ποσοτήτων ανά πολυκέντρο και το δικαίωμά του να δηλώνει τις ποσότητες αυτές στο HMA (άρθρο 3.9). Οι δηλώσεις HMA που χρησιμοποιούνται αφορούν αποκλειστικά τις ποσότητες των 48 πολυκέντρων. Κάθε πολυκέντρο περιλαμβάνει αυτόματο μηχανήμα για πλαστικές και μεταλλικές συσκευασίες, αυτόματο μηχανήμα για γυάλινες συσκευασίες και κάδο χαρτιού (Παράρτημα Α της σύμβασης). Οι ίδιες δηλώσεις περιλαμβάνουν επίσης χαρτί και χαρτόνι (ΕΚΑ 15 01 01 και 20 01 01: 68 t το 2023, 590 t το 2024 και 609 t το 2025), το οποίο δεν καταγράφεται σε τεμάχια και δεν περιλαμβάνεται σε κανένα από τα δύο σενάρια οι ποσότητες RVM της εργασίας υποεκτιμούν επομένως τη συνολική συλλογή του δικτύου πολυκέντρων. Το μητρώο θέσεων του συστήματος περιλαμβάνει 49 εγγραφές. Το πολυκέντρο της ΔΕΘ (Α΄ ΔΚ) έπαψε να λειτουργεί με τη ΔΕΘ του 2025 (μηδενικές ουσιαστικά καταγραφές από τα τέλη Αυγούστου 2025), ενώ τον Δεκέμβριο του 2025 τέθηκε σε λειτουργία δεύτερο μηχανήμα στο Πάρκο Λαγκαδά (Β΄ ΔΚ, πρώτη καταγραφή 12.12.2025). Ο αριθμός

των μηχανημάτων σε λειτουργία δεν υπερέβη τα 48 σε καμία φάση της περιόδου 2023–2025 και ο αριθμός αυτός χρησιμοποιείται σε όλους τους δείκτες της εργασίας. Στην ανά κοινότητα ανάλυση το πολυκέντρο της ΔΕΘ προσμετράται στην Α΄ ΔΚ, όπου λειτούργησε για το μεγαλύτερο μέρος της περιόδου, ενώ το νέο μηχάνημα του Πάρκου Λαγκαδά, που λειτούργησε μόνο τις τρεις τελευταίες εβδομάδες του 2025, δεν προσμετράται στον αριθμό μηχανημάτων της Β΄ ΔΚ. Οι λίγες καταγραφές του περιλαμβάνονται στο βάρος της Β΄ ΔΚ. Για τα απόβλητα κλωστοϋφαντουργίας, η ανάδοχος εταιρεία (East West Greece IKE) παρέδωσε συγκεντρωτικά ετήσια δεδομένα ανά κάδο και μήνα.

3.2 Επεξεργασία και ανάλυση

Η επεξεργασία έγινε στο σχεσιακό μοντέλο bluebin_RVM_eap17 σε περιβάλλον Power BI. Τα αρχικά δεδομένα δεν είχαν ενιαία μορφή. Το πρόγραμμα κίνησης του Δήμου τηρείται σε χωριστά αρχεία Excel ανά έτος, με διαφορετική δομή στηλών, ενώ ορισμένα δρομολόγια μεταφοράς υπολείμματος από το ΚΔΑΥ είχαν καταχωριστεί ως δρομολόγια ανακύκλωσης και χρειάστηκε να εντοπιστούν από την περιγραφή της διαδρομής και να εξαιρεθούν. Τα αρχεία του αναδόχου ιματισμού δεν είχαν την ίδια δομή σε όλα τα έτη (για το 2025 δεν δόθηκε κωδικός κάδου), και το μητρώο θέσεων RVM έπρεπε να διασταυρωθεί με τις καταγραφές της πλατφόρμας eportal για να εντοπιστούν η παύση λειτουργίας του πολυκέντρου της ΔΕΘ και η προσθήκη νέου μηχανήματος στο Πάρκο Λαγκαδά. Τα ετήσια αρχεία ενοποιήθηκαν σε διαδοχικά βήματα στο Power Query, ενώ οι υπολογισμοί (μετατροπή τεμαχίων σε μάζα, σενάρια Α και Β, δείκτες ανά κάτοικο) έγιναν με μετρήσεις DAX, ώστε οι συντελεστές να ενημερώνονται αυτόματα ανά έτος. Κοινός άξονας του μοντέλου είναι ο πίνακας των 25 συνοικιών του Δήμου και της Ζώνης Μητροπολιτικών Λειτουργιών (ΖΜΛ). Οι 24 κατοικημένες συνοικίες ομαδοποιούνται στις πέντε Δημοτικές Κοινότητες της ΔΕ Θεσσαλονίκης και στη ΔΕ Τριανδρίας, ενώ η Παραλιακή Ζώνη (Σ25) και η ΖΜΛ αποτελούν χωριστή ομάδα. Μέσω του πίνακα αυτού συνδέθηκαν τα ζυγολόγια του μπλε κάδου, τα δεδομένα RVM, οι κάδοι και ο πληθυσμός κάθε συνοικίας. Οι πίνακες δεδομένων και οι κανόνες υπολογισμού του μοντέλου τεκμηριώνονται στο Παράρτημα Α.

Η αναγωγή σε μοναδιαία βάση βασίστηκε στον μόνιμο πληθυσμό 319.045 κατοίκων (απογραφή 2021 ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2023). Για το σύστημα RVM εφαρμόστηκε διπλό μεθοδολογικό

σχήμα, με δύο διαφορετικούς συντελεστές βάρους, που περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 5.2.

3.3 Μεθοδολογική σημείωση για τον Μπλε Κάδο

Το βάρος του μπλε κάδου ανά κοινότητα προκύπτει από την αντιστοίχιση κάθε δρομολογίου του προγράμματος κίνησης στη δημοτική κοινότητα που εξυπηρετεί, βάσει της περιγραφής της περιοχής του δρομολογίου. Τα γενικά δρομολόγια, που εξυπηρετούν περισσότερες κοινότητες, και τα δρομολόγια των λαϊκών αγορών δεν κατανέμονται σε κοινότητες και περιλαμβάνονται μόνο στα σύνολα του Δήμου. Η συμφωνία των βάσεων φορτίου που προκύπτουν παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.2.

Κατά τη διασταύρωση των πηγών προέκυψε συστηματική απόκλιση μεταξύ των ποσοτήτων μπλε κάδου που καταγράφονται στο πρόγραμμα κίνησης του Δήμου και των ποσοτήτων που δηλώνονται από τα συνεργαζόμενα ΚΔΑΥ στο ετήσιο ΗΜΑ υπό τον κωδικό ΕΚΑ 15 01 06. Το πρόγραμμα κίνησης αποτυπώνει το βάρος των φορτίων μπλε κάδου κατά τη ζύγισή τους στον ΣΜΑ, ενώ η δήλωση ΗΜΑ αφορά τις ποσότητες που παραλαμβάνονται και καταχωρίζονται από το ΚΔΑΥ προς διαλογή εντός του ίδιου έτους αναφοράς. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1, οι δύο τιμές δεν ταυτίζονται και, μάλιστα, το δηλωθέν ΗΜΑ υπερβαίνει σταθερά τη συλλογή του προγράμματος κίνησης και στα τρία έτη.

Έτος	Συλλογή προγρ. κίνησης (t)	Δηλωθέν ΚΔΑΥ στο ΗΜΑ, ΕΚΑ 15 01 06 (t)	Διαφορά (t)	Διαφορά (%)
2023	17.668,37	20.267,52	2.599,15	12,8%
2024	19.248,82	20.859,17	1.610,35	7,7%
2025	17.461,23	20.463,78	3.002,55	14,7%

Πίνακας 3.1 Σύγκριση καταγεγραμμένης συλλογής (πρόγραμμα κίνησης) και δηλωθέντων ΚΔΑΥ στο ΗΜΑ (ΕΚΑ 15 01 06), 2023–2025.

Διαφορά = Δηλωθέν ΗΜΑ – Συλλογή προγράμματος κίνησης. Το ποσοστό υπολογίζεται επί του δηλωθέντος ΗΜΑ. Πηγή: Δήμος Θεσσαλονίκης, επεξεργασία Power BI (bluebin_RVM_eap17). Οι τιμές συλλογής αφορούν τις κινήσεις του προγράμματος κίνησης με αιτία «ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ». Η συμφωνία με τις λοιπές βάσεις φορτίου μπλε κάδου της εργασίας δίνεται στον Πίνακα 3.2.

Η υπεροχή του δηλωθέντος ΗΜΑ έναντι του προγράμματος κίνησης κυμαίνεται από 1.610 t (7,7%, 2024) έως 3.003 t (14,7%, 2025), με μέσο όρο περίπου 12% επί του δηλωθέντος. Η συστηματική αυτή απόκλιση ενδέχεται να συνδέεται με δύο παράγοντες: (α) χρονική

μετατόπιση μεταξύ αποκομιδής, ζύγισης και τελικής καταχώρισης στο ΚΔΑΥ και (β) πιθανές παραλείψεις καταχώρισης των χειρόγραφων ζυγολογίων από τα ΚΔΑΥ στο πρόγραμμα κίνησης του Δήμου. Οι καθυστερήσεις καταχώρισης και η διαφορά ζυγολογίων δημιουργούν προκλήσεις στην ακριβή παρακολούθηση των στόχων του Τοπικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ) και στην αξιολόγηση των επιδόσεων του στόλου αποκομιδής σε πραγματικό χρόνο. Οι παράγοντες αυτοί αποτελούν υποθέσεις, καθώς δεν πραγματοποιήθηκε συμφωνία ανά φορτίο μεταξύ ζυγολογίων και δηλώσεων.

Στην εργασία χρησιμοποιούνται τρεις βάσεις φορτίου μπλε κάδου, η συμφωνία των οποίων παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.2: (α) οι κινήσεις του προγράμματος κίνησης με αιτία «ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ» (Πίνακας 3.1), (β) το σύνολο του φορτίου μπλε κάδου, το οποίο περιλαμβάνει επιπλέον κινήσεις ανακύκλωσης με λοιπές αιτίες (εφεδρικά οχήματα, λαϊκές αγορές) και αποτελεί τη βάση της ανά υλικό εκτίμησης του τύπου (2) (ενότητα 5.7), και (γ) το υποσύνολο των δρομολογίων που αντιστοιχίζονται στις έξι κοινότητες (Πίνακας 5.1). Οι βάσεις (β) και (γ) αποκλίνουν από τη βάση (α) κατά 0,01% έως 2,8% και οι διαφορές δεν μεταβάλλουν τα συμπεράσματα της εργασίας.

Βάση φορτίου μπλε κάδου (t)	2023	2024	2025
(α) Πρόγραμμα κίνησης, αιτία «ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ» (Πίνακας 3.1)	17.668,37	19.248,82	17.461,23
Λοιπές κινήσεις ανακύκλωσης (εφεδρικά οχήματα, λαϊκές αγορές, λοιπά)	2,77	24,91	17,74
(β) Σύνολο φορτίου μπλε κάδου, βάση του τύπου (2)	17.671,14	19.273,73	17.478,97
εκ των οποίων (γ): δρομολόγια των έξι κοινοτήτων (Πίνακας 5.1)	17.670,37	19.035,77	16.974,40
εκ των οποίων: γενικά δρομολόγια, λαϊκές αγορές και λοιπά	0,77	237,96	504,57
Δηλωθέν ΚΔΑΥ στο ΗΜΑ, ΕΚΑ 15 01 06 (Πίνακας 3.1)	20.267,52	20.859,17	20.463,78

Πίνακας 3.2 Συμφωνία των βάσεων φορτίου μπλε κάδου που χρησιμοποιούνται στην εργασία, 2023–2025.

Πηγή: Δήμος Θεσσαλονίκης, επεξεργασία Power BI (bluebin_RVM_eap17). Από όλες τις βάσεις έχουν εξαιρεθεί οι γραμμές μεταφοράς υπολείμματος του ΚΔΑΥ που είχαν καταχωριστεί ως ανακύκλωση (ενότητα 3.2). Από τις βάσεις (β) και (γ) εξαιρούνται επίσης οι κινήσεις «ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ (ΛΙΜΑΝΙ) - ΠΡΙΟΝΙΔΙ» (259,43 t το 2023, 271,41 t το 2024 και 7,64 t το 2025), οι οποίες καταχωρίζονται στο πρόγραμμα κίνησης ως ανακύκλωση αλλά δεν αποτελούν φορτία μπλε κάδου. Η βάση (β) ισούται με το άθροισμα της βάσης (α) και των λοιπών κινήσεων ανακύκλωσης, καθώς και με το άθροισμα των δρομολογίων των έξι κοινοτήτων και των γενικών δρομολογίων, λαϊκών αγορών και λοιπών.

Η ψηφιακή μετάβαση του στόλου καθαριότητας που προγραμματίζεται από τον Δήμο Θεσσαλονίκης και η χρήση τηλεματικής ή καμερών παρακολούθησης επί των

απορριμματοφόρων θα μπορούσε μελλοντικά να γεφυρώσει αυτό το χάσμα, προσφέροντας δεδομένα αποκομιδής σε πραγματικό χρόνο και ελαχιστοποιώντας τα στατιστικά σφάλματα.

Για τους σκοπούς της παρούσας ανάλυσης, ως βάση χρησιμοποιήθηκαν τα ζυγολόγια του προγράμματος κίνησης, επειδή αποτελούν την αμεσότερη λειτουργική καταγραφή του Δήμου. Παράλληλα, επισημαίνεται ότι η αντιστοίχισή τους με τις δηλώσεις ΗΜΑ απαιτεί χρονική εναρμόνιση και δεν είναι απολύτως ισοδύναμη. Επομένως, η παρατηρούμενη διαφορά υποδηλώνει ότι οι ποσότητες μπλε κάδου της μελέτης ενδέχεται να συνιστούν συντηρητική εκτίμηση του πραγματικά εκτρεπόμενου ρεύματος.

4 Πληθυσμιακά Στοιχεία και Δίκτυο Κάδων

4.1 Διοικητική διαίρεση και πληθυσμός

Ο Δήμος Θεσσαλονίκης αποτελείται από δύο Δημοτικές Ενότητες: τη ΔΕ Θεσσαλονίκης, η οποία χωρίζεται σε πέντε Δημοτικές Κοινότητες, και τη ΔΕ Τριανδρίας. Σύμφωνα με την απογραφή του 2021 (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2023), ο συνολικός μόνιμος πληθυσμός ανέρχεται σε 319.045 κατοίκους (Πίνακας 4.1). Στη ΔΕ Θεσσαλονίκης περιλαμβάνεται επίσης η Ζώνη Μητροπολιτικών Λειτουργιών (ΖΜΛ), με 112 μόνιμους κατοίκους, η οποία δεν αντιστοιχίζεται σε Δημοτική Κοινότητα και εμφανίζεται χωριστά στον Πίνακα 4.1.

Δημοτική Ενότητα / Κοινότητα	Μόνιμος Πληθυσμός (απογραφή 2021)
ΔΕ Θεσσαλονίκης, σύνολο	309.617
Α' Δημοτική Κοινότητα	59.769
Β' Δημοτική Κοινότητα	22.973
Γ' Δημοτική Κοινότητα	12.398
Δ' Δημοτική Κοινότητα	73.268
Ε' Δημοτική Κοινότητα	141.097
ΖΜΛ (Ζώνη Μητροπολιτικών Λειτουργιών)	112
ΔΕ Τριανδρίας	9.428
Σύνολο Δήμου	319.045

Πίνακας 4.1 Μόνιμος πληθυσμός ανά Δημοτική Ενότητα και Κοινότητα (απογραφή 2021 ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2023).

Η Ε' Δημοτική Κοινότητα συγκεντρώνει μόνη της το 44% του δημοτικού πληθυσμού, ακολουθεί η Δ' με 23%. Η Β' ΔΚ, παρότι από τις μικρότερες σε πληθυσμό, παρουσιάζει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον λόγω της υψηλής απόδοσης RVM ανά κάτοικο, όπως αναλύεται στο Κεφάλαιο 6.

4.2 Δίκτυο κάδων ανά κοινότητα

Το συνολικό δίκτυο διαλογής στην πηγή αριθμεί 3.953 κάδους τριών τύπων. Ο μεγαλύτερος όγκος αντιστοιχεί στους μπλε κάδους ξηρών ανακυκλώσιμων (3.554 τροχήλατοι συν 65

υπόγειοι). Οι 334 μωβ κάδοι ιματισμού είναι κατανεμημένοι ανάλογα με τον πληθυσμό και τη χρήση γης (Πίνακας 4.2).

Κοινότητα	Υπέργειοι Μπλε κάδοι	Υπόγειοι Μπλε Κάδοι	Σύνολο Μπλε Κάδων	Μωβ Κάδοι
Α΄ Δημοτική Κοινότητα	667	29	696	78
Β΄ Δημοτική Κοινότητα	360	13	373	17
Γ΄ Δημοτική Κοινότητα	141	1	142	16
Δ΄ Δημοτική Κοινότητα	823	7	830	85
ΔΕ Τριανδρίας	143	1	144	12
Ε΄ Δημοτική Κοινότητα	1.381	13	1.394	126
Σ25, ΖΜΛ	39	1	40	-
Σύνολο	3.554	65	3.619	334

Πίνακας 4.2 Αριθμός εγκατεστημένων κάδων ανά Δημοτική Κοινότητα.

Η Ε΄ ΔΚ, ως πολυπληθέστερη, στεγάζει το 38,5% των μπλε κάδων και 37,7% των μωβ κάδων του Δήμου. Ο λόγος μπλε κάδων ανά 1.000 κατοίκους κυμαίνεται από 9,9 (Ε΄ ΔΚ) έως 16,2 (Β΄ ΔΚ), με μέση τιμή 11,3 για το σύνολο του Δήμου, υποδηλώνοντας σχετικά ομοιόμορφη κατανομή υποδομής ΜΚ. Αντίθετα, η κατανομή RVM παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη ανισομέρεια, με τη Β΄ ΔΚ να διαθέτει 4,35 RVM/10.000 κατ. έναντι 0,84 για την Α΄ ΔΚ, διαφορά που αναλύεται στο Κεφάλαιο 6.

5 Απόβλητα Συσκευασίας: Συστήματα Συλλογής και Αποτελέσματα

5.1 Σύστημα Μπλε Κάδου

Το δίκτυο μπλε κάδου λειτούργησε κατά το μεγαλύτερο μέρος της περιόδου ανάλυσης με τους όρους της σύμβασης συνεργασίας Δήμου–ΕΕΑΑ της 09.05.2011 (σύμβαση τύπου Α), βάσει της οποίας ο Δήμος εκτελεί τη συλλογή και τη μεταφορά των αποβλήτων συσκευασίας με εξοπλισμό που παραχωρεί η ΕΕΑΑ (κάδοι, απορριμματοφόρα), η ΕΕΑΑ εξασφαλίζει τη διαλογή σε ΚΔΑΥ και ο Δήμος παραλαμβάνει το υπόλειμμα προς τελική διάθεση (Δήμος Θεσσαλονίκης, 2011α, 2011β). Η σύμβαση αυτή έληξε στις 07.05.2023, οι όροι της όμως εξακολούθησαν να εφαρμόζονται προσωρινά. Η νέα σύμβαση συνεργασίας της 04.07.2024 (σύμβαση τύπου Β) μεταβιβάζει στον Δήμο την πλήρη ευθύνη σχεδιασμού και υλοποίησης του προγράμματος, συμπεριλαμβανομένης της διαλογής σε ΚΔΑΥ επιλογής του, έναντι τιμήματος που καταβάλλει η ΕΕΑΑ ανά τόνο ανακτώμενων αποβλήτων συσκευασίας. Η έναρξη ισχύος της, που αρχικά είχε οριστεί την 01.01.2025, μετατέθηκε με τροποποιήσεις της 30.12.2024 και της 08.08.2025 στην 01.11.2025, με διάρκεια έως την 31.12.2026, ενώ έως την 31.10.2025 η συνεργασία συνεχίστηκε προσωρινά με τους όρους της σύμβασης τύπου Α (Δήμος Θεσσαλονίκης & ΕΕΑΑ Α.Ε., 2024). Η περίοδος ανάλυσης καλύπτεται επομένως σχεδόν εξ ολοκλήρου από το καθεστώς της σύμβασης τύπου Α και μόνο οι δύο τελευταίοι μήνες του 2025 από το καθεστώς της σύμβασης τύπου Β.

Ο κωδικός ΕΚΑ του ρεύματος ΜΚ είναι 15 01 06 «μεικτή συσκευασία». Στους μπλε κάδους κατευθύνεται και το έντυπο χαρτί, χωρίς τυπική νομική υποχρέωση στο πλαίσιο του ΣΣΕΔ. Το σύνολο των εισερχόμενων στον ΜΚ περιλαμβάνει πλαστικές, μεταλλικές, γυάλινες και λευκοσιδηρές συσκευασίες, χάρτινες πολύστρωτες συσκευασίες υγρών (tetra), χαρτοκιβώτια και έντυπο χαρτί.

Η κύρια αδυναμία του συστήματος μπλε κάδου είναι η χαμηλή καθαρότητα του ρεύματος λόγω ανάμειξης υλικών. Το υπόλειμμα του ΚΔΑΥ που οδηγήθηκε σε ταφή (ΕΚΑ 19 12 12) ανήλθε σε 9.508 t το 2024 και 9.185 t το 2025, δηλαδή σε 45,6% και 44,9% αντίστοιχα των ποσοτήτων 15 01 06 που δηλώθηκαν στο ΗΜΑ, τιμές που συμπίπτουν με τις αναλύσεις εισόδου–παραγωγής του ΚΔΑΥ (45,2% και 45,4%). Αν το ίδιο υπόλειμμα αναχθεί στο χαμηλότερο φορτίο του προγράμματος κίνησης (Πίνακας 3.1), το ποσοστό ανέρχεται σε 49,4% και 52,6%.

Η καθαρότητα του μπλε κάδου είναι επομένως της τάξης του 47% έως 55%. Οι ποσότητες χωριστής συλλογής του μπλε κάδου που παρουσιάζονται στη συνέχεια απέχουν συνεπώς σημαντικά από τις ποσότητες που πράγματι ανακυκλώνονται, γεγονός που αναδεικνύει τη σχετική υπεροχή του μονοϋλικού ρεύματος RVM ως προς την καθαρότητα.

5.2 Σύστημα RVM: το μεθοδολογικό ζήτημα της μέτρησης μάζας

Η αποτίμηση του αποτελέσματος των RVM συνοδεύεται από μια κρίσιμη μεθοδολογική δυσκολία: τα μηχανήματα καταγράφουν τεμάχια και όχι βάρος. Η μετατροπή τεμαχίων σε μάζα προϋποθέτει συντελεστές βάρους. Η διάκριση αυτή έχει ουσιαστική ποσοτική σημασία για την τελική εκτίμηση των ροών.

Για να αντιμετωπιστεί αυτή η αβεβαιότητα, το μοντέλο Power BI εφαρμόζει δύο διακριτά σενάρια ερμηνείας, με δυναμικούς συντελεστές που υπολογίζονται ανά έτος από τις οριστικές δηλώσεις HMA της TEXAN A.B.E.E. (τόνοι ÷ τεμάχια RVM):

Σενάριο Α, «Μόνο συσκευασία»: Χρησιμοποιεί τα μοναδιαία βάρη που αντιστοιχούν αποκλειστικά στα απόβλητα συσκευασίας (EKA 15 01 02, 15 01 04, 15 01 07). Για το 2024 οι συντελεστές είναι PET 19,06 g/τεμ., CAN 8,63 g/τεμ. και GLASS 77,14 g/τεμ. οι τιμές όλων των ετών δίνονται στον Πίνακα 5.8. Είναι η αυστηρότερη προσέγγιση, πλησιέστερη στις απαιτήσεις της Οδηγίας 94/62/EK και του Κανονισμού (ΕΕ) 2025/40. Σημειώνεται ότι ο συντελεστής GLASS του Σεναρίου Α είναι χαμηλός, διότι το 2024 η TEXAN A.B.E.E. δήλωσε το μεγαλύτερο μέρος του γυαλιού υπό τον κωδικό 20 01 02, δηλαδή ως γυαλί που δεν αποτελεί απόβλητο συσκευασίας, και όχι ως συσκευασία 15 01 07.

Σενάριο Β, «Συσκευασία + ανακυκλώσιμα μη συσκευασίας»: Συνυπολογίζει, πέραν των αποβλήτων συσκευασίας, και τα ανακυκλώσιμα υλικά που δεν αποτελούν απόβλητα συσκευασίας (ενδεικτικά, μεταλλικά αντικείμενα οικιακής χρήσης), τα οποία συλλέγονται μαζί με τις συσκευασίες και δηλώνονται υπό τους κωδικούς 20 01 39, 20 01 40, 20 01 02. Επειδή τα υλικά αυτά δεν καταγράφονται ως τεμάχια από τα μηχανήματα, ο συντελεστής του Σεναρίου Β δεν αποτελεί φυσικό βάρος τεμαχίου αλλά ισοδύναμο συντελεστή αναγωγής (συνολικοί τόνοι ανά καταγεγραμμένο τεμάχιο συσκευασίας). Για το 2023 ο συντελεστής PET του Σεναρίου Β ανέρχεται σε 231,64 g/τεμ. (Πίνακας 5.8), τιμή που δείχνει ότι οι δηλώσεις

του πρώτου, μερικού έτους δεν αντιστοιχούν πλήρως στα καταγεγραμμένα τεμάχια για τον λόγο αυτό το Σενάριο Β του 2023 θεωρείται μη αντιπροσωπευτικό και δεν χρησιμοποιείται για συμπεράσματα τάσης. Για το 2024: PET 96,27 g/τεμ., CAN 41,30 g/τεμ. και GLASS 406,00 g/τεμ. (Πίνακας 5.8). Αποτυπώνει τη συνολική μάζα ανακυκλώσιμων υλικών που εκτρέπεται μέσω των RVM από το ρεύμα των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων, ποσότητα που ο Δήμος δεν χρειάζεται να συλλέξει με συμβατικά μέσα.

Επειδή οι συντελεστές προκύπτουν δυναμικά από τις ετήσιες δηλώσεις HMA, μεταβάλλονται από έτος σε έτος ανάλογα με τις δηλωθείσες ποσότητες και τη σύνθεση των κωδικών EKA. Για τον λόγο αυτό, τα αποτελέσματα των δύο σεναρίων παρουσιάζονται παράλληλα, ώστε να καθίσταται σαφές το εύρος της πιθανής ερμηνείας. Η διακύμανση είναι ιδιαίτερα έντονη για το Σενάριο Α μεταξύ 2024 και 2025, όπως αναλύεται στην ενότητα 5.7. Επισημαίνεται ότι ο συντελεστής, ως πηλίκο της δηλωθείσας ετήσιας μάζας προς τα καταγεγραμμένα τεμάχια του ίδιου έτους, αναπαράγει εξ ορισμού τη δηλωθείσα μάζα όταν πολλαπλασιαστεί με τα ίδια τεμάχια και δεν αποτελεί ανεξάρτητη επαλήθευσή της η χρησιμότητά του έγκειται στην κατανομή της μάζας ανά υλικό, μηχανήμα και κοινότητα. Η περίμετρος των δηλώσεων είναι ετήσια και αφορά το σύνολο των 48 πολυκέντρων του Δήμου (ενότητα 3.1).

5.3 Συνολικά αποτελέσματα χωριστής συλλογής 2023–2025

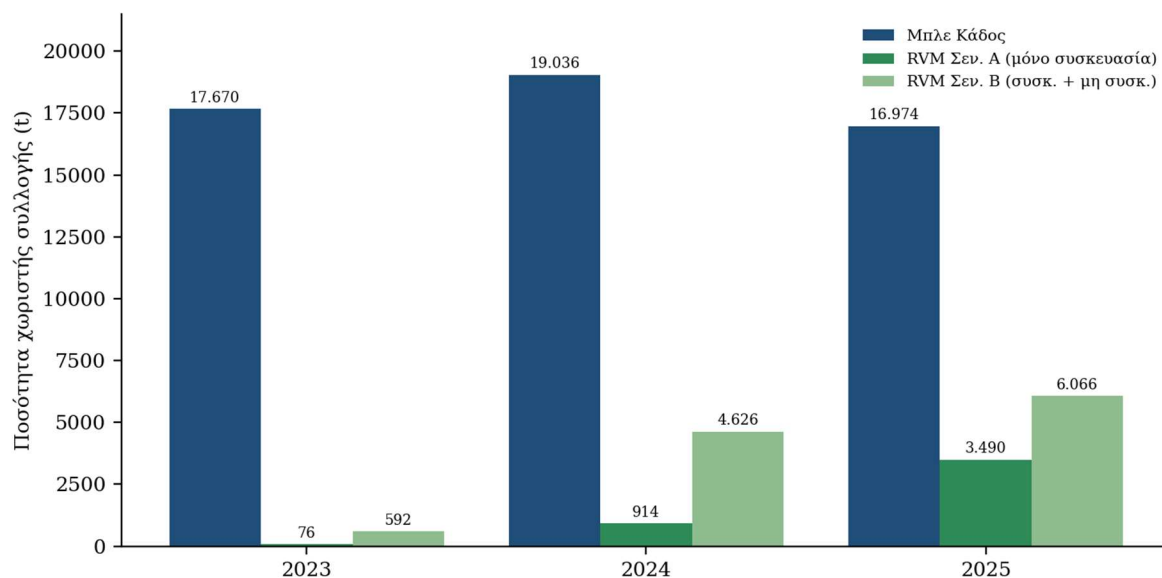
Ο Πίνακας 5.1 παρουσιάζει τις ετήσιες ποσότητες ανά σύστημα και για τα δύο σεναρία RVM, ενώ ο Πίνακας 5.2 τους αντίστοιχους δείκτες ανά κάτοικο. Η εξέλιξη απεικονίζεται στο Σχήμα 5.1.

Έτος	Μπλε Κάδος (t)	RVM Σεν. Α, μόνο συσκευασία (t)	RVM Σεν. Β, συσκ. + μη συσκ. (t)	Σύνολο Σεν. Α (t)	Σύνολο Σεν. Β (t)
2023	17.670,37	76,20	592,16	17.746,57	18.262,53
2024	19.035,77	914,33	4.625,96	19.950,10	23.661,73
2025	16.974,40	3.489,74	6.066,00	20.464,14	23.040,40

Πίνακας 5.1 Συνολικές ποσότητες (t) χωριστής συλλογής ανά σύστημα (Δ. Θεσσαλονίκης 2023–2025).

Έτος	Μπλε Κάδος	RVM Σεν. Α	RVM Σεν. Β	Σύνολο Σεν. Α	Σύνολο Σεν. Β
2023	55,39	0,24	1,86	55,62	57,24
2024	59,66	2,87	14,50	62,53	74,16
2025	53,20	10,94	19,01	64,14	72,22

Πίνακας 5.2 Δείκτες χωριστής συλλογής σε kg/κάτοικο/έτος (kg/cap-y).



Σχήμα 5.1 Ετήσιες ποσότητες χωριστής συλλογής ανά σύστημα και σενάριο, 2023–2025.

Η ποσοτική εξέλιξη του συστήματος RVM παρουσιάζει έντονη ανοδική τάση σε απόλυτα μεγέθη. Από τους 76 t του πρώτου μερικού έτους λειτουργίας (Σεπτέμβριος–Δεκέμβριος 2023) στους 3.490 t του 2025 υπό Σενάριο Α, και από 592 t σε 6.066 t υπό Σενάριο Β, η ανάπτυξη είναι ταχεία. Το 2024, πρώτο πλήρες ημερολογιακό έτος λειτουργίας, κατέγραψε 914 t (Σεν. Α) έναντι των 76 t της μερικής περιόδου 2023, ενώ το 2025 εμφάνισε επιπλέον αύξηση +282% έναντι του 2024 (Σεν. Α). Η αύξηση αυτή φαίνεται να οφείλεται κατά μεγάλο μέρος στη μεταβολή του επιμερισμού των δηλώσεων της TEXAN μεταξύ κωδικών συσκευασίας και μη συσκευασίας και όχι μόνο στην αύξηση της χρήσης: τα καταγεγραμμένα τεμάχια PET αυξήθηκαν κατά 54,5% και η μάζα υπό Σενάριο Β κατά 31,1% (ενότητα 5.7, Πίνακας 5.8).

Το σύστημα μπλε κάδου, από την άλλη, παρουσιάζει σχετική σταθεροποίηση με μικρή πτώση το 2025 (–10,8% έναντι 2024 σε t, από 19.036 σε 16.974). Η εξέλιξη αυτή δεν θα πρέπει να ερμηνευθεί ως ένδειξη αποτυχίας του συστήματος, καθώς η ποσότητα παραμένει σε υψηλά επίπεδα, αλλά ενδέχεται να αντανακλά εν μέρει μετατόπιση μέρους των συσκευασιών προς τα RVM.

5.4 Το RVM ως εργαλείο εκτροπής ΑΣΑ

Σύμφωνα με τον πίνακα ΗΜΑ Παραγωγή, τα σύμμεικτα αστικά απόβλητα (ΕΚΑ 20 03 01) του Δήμου Θεσσαλονίκης, ως άθροισμα των παραδόσεων σε τρεις διακριτούς πρώτους παραλήπτες, δηλαδή στον ΣΜΑ του Δήμου και στον ΣΜΑ Δυτικής Θεσσαλονίκης (D15) και απευθείας στον ΧΥΤΑ Μαυρορράχης (D1), οι οποίες αφορούν διαφορετικά φορτία και δεν διπλομετρώνται, ανήλθαν σε 118.032 t το 2024 και 120.128 t το 2025. Σε αυτή τη βάση, η εκτροπή μέσω RVM (Σενάριο Β) αντιστοιχεί σε 3,9% για το 2024 και 5,1% για το 2025 (Πίνακας 5.3). Οι λόγοι αυτοί αποτελούν ανώτατο όριο ακαθάριστης εκτροπής και όχι καθαρή εκτροπή από την ταφή: μέρος των υλικών που επιστρέφονται στα RVM θα κατέληγε διαφορετικά στον μπλε κάδο (ενότητες 5.3 και 5.7) και μέρος προέρχεται από χρήστες όμορων δήμων (ενότητα 6.2), ενώ η καθαρή εκτροπή δεν μπορεί να εκτιμηθεί χωρίς σενάριο αναφοράς χωρίς RVM. Σε όρους κατά κεφαλήν, τα σύμμεικτα αντιστοιχούν σε 370–377 kg/κάτοικο/έτος ως προς τον μόνιμο πληθυσμό, τιμή σχετικά υψηλή που αποδίδεται στον μητροπολιτικό χαρακτήρα του Δήμου και στον σημαντικό διερχόμενο και εμπορικό πληθυσμό.

Έτος	Σύμμεικτα (t)	Σεν. Α, συσκευασία (t)	Σεν. Β, συσκ. + μη συσκ. (t)	% Σεν. Α	% Σεν. Β
2024	118.032	914,33	4.625,96	0,77%	3,92%
2025	120.128	3.489,74	6.066,00	2,90%	5,05%

Πίνακας 5.3 Εκτροπή ΑΣΑ μέσω RVM ως ποσοστό των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων του Δήμου (παρονομαστής ανά έτος από ΗΜΑ).

5.5 Μερίδιο RVM στο μείγμα χωριστής συλλογής

Ο Πίνακας 5.4 παρουσιάζει το μερίδιο των RVM στο σύνολο των χωριστά συλλεγόμενων αποβλήτων συσκευασίας (Σεν. Α) και ανακυκλώσιμων υλικών (Σεν. Β). Επειδή το φορτίο του μπλε κάδου περιλαμβάνει προσμείξεις και υλικά που δεν αποτελούν απόβλητα συσκευασίας

(π.χ. έντυπο χαρτί), τα μερίδια εκφράζουν τη συμμετοχή των RVM στο άθροισμα των δύο ρευμάτων χωριστής συλλογής και όχι ποσοστό συλλογής των αποβλήτων συσκευασίας.

Έτος	Μπλε Κάδος (t)	Σύνολο MK+RVM Σεν. Α (t)	Σύνολο MK+RVM Σεν. Β (t)	Μερίδιο RVM Σεν. Α	Μερίδιο RVM Σεν. Β
2023	17.670,37	17.746,57	18.262,53	0,43%	3,24%
2024	19.035,77	19.950,10	23.661,73	4,58%	19,55%
2025	16.974,40	20.464,14	23.040,40	17,05%	26,33%

Πίνακας 5.4 Μερίδιο RVM στο σύνολο χωριστά συλλεγόμενων αποβλήτων συσκευασίας (Σεν. Α) και ανακυκλώσιμων υλικών (Σεν. Β).

Όπως προκύπτει από τα δεδομένα του Πίνακα 5.4, καταγράφεται ουσιώδης διαφοροποίηση η οποία εξαρτάται από το εκάστοτε σενάριο ανάλυσης. Στην αυστηρή θεώρηση συσκευασίας (Σεν. Α), το RVM αντιστοιχεί σε 17,1% του συνολικού ΔσΠ το 2025, ποσοστό σημαντικό αλλά ακόμη δευτερεύον έναντι του MK. Στο Σενάριο Β όμως, η συμβολή των RVM αγγίζει 26,3%: περισσότερο από ένα στα τέσσερα κιλά χωριστά συλλεγόμενων αποβλήτων προέρχεται από τα μηχανήματα ανταποδοτικής ανακύκλωσης. Η αξιολόγηση εξαρτάται επομένως από το σενάριο μετατροπής σε μάζα. Υπενθυμίζεται ότι τα μερίδια αυτά αφορούν χωριστή συλλογή σε όρους ανακύκλωσης, δεδομένης της καθαρότητας των δύο ρευμάτων, το μερίδιο των RVM είναι σημαντικά υψηλότερο (βλ. ενότητα 8.3).

5.6 Αποδοτικότητα ανά μονάδα υποδομής

Ο Πίνακας 5.5 συγκρίνει την απόδοση ανά μονάδα υποδομής των δύο συστημάτων.

Δείκτης	2024	2025
Σεν. Α, μόνο συσκευασία (t/μηχ.)	19,05	72,70
Σεν. Β, συσκ. + μη συσκ. (t/μηχ.)	96,37	126,38
Λόγος Β/Α	5,06×	1,74×
Μέσος μπλε κάδος (t/κάδο)	5,26	4,69
Λόγος RVM Σεν. Β / μέσος μπλε κάδος	18,3 : 1	26,9 : 1

Πίνακας 5.5 Σύγκριση αποδοτικότητας RVM έναντι μπλε κάδου ανά μονάδα υποδομής (48 μηχανήματα RVM, 3.619 μπλε κάδοι).

Από τη σύγκριση ανά μονάδα υποδομής προκύπτουν σημαντικές διαφορές. Κάθε πολυκέντρο RVM αντιστοιχεί σε περίπου 126 t ετήσιας χωριστής συλλογής υπό Σεν. Β (2025), έναντι 4,7 t για τον μέσο μπλε κάδο. Ο λόγος 26,9:1 πρέπει να ερμηνευτεί με προσοχή, δεδομένου ότι ο

ΜΚ δέχεται ευρύτερο φάσμα υλικών και η σύγκριση δεν είναι συμμετρική ως προς τον τύπο αποβλήτου. Ακόμη και στη βάση του Σεναρίου Α για το 2024 (19,0 t ανά μηχανήμα έναντι 5,3 t ανά κάδο), ο λόγος παραμένει 3,6:1. Οι δείκτες ανά μηχανήμα υπολογίζονται επί των 48 μηχανημάτων σε λειτουργία (ενότητα 3.1). Ο δείκτης υποεκτιμά ελαφρώς την απόδοση ανά πλήρες έτος λειτουργίας, για το 2024 επειδή 12 από τα 48 μηχανήματα ξεκίνησαν να λειτουργούν μέσα στο πρώτο εξάμηνο του 2024 και για το 2025 επειδή το πολυκέντρο της ΔΕΘ δεν λειτούργησε από τον Σεπτέμβριο του 2025. Ως μονάδα RVM νοείται το πολυκέντρο ανακύκλωσης, δηλαδή μία θέση με ένα μηχανήμα RVM. Ο δείκτης t ανά μονάδα εκφράζει την παραγωγικότητα της θέσης και όχι την οικονομική αποδοτικότητα του συστήματος, καθώς δεν λαμβάνει υπόψη κόστη επένδυσης και λειτουργίας, χωρητικότητα, συχνότητα εκκένωσης ή ημέρες λειτουργίας.

5.7 Σύγκριση καναλιών χωριστής συλλογής ανά υλικό (PET, αλουμίνιο/CAN, γυαλί)

Οι ενότητες 5.3 έως 5.6 συνέκριναν τα δύο συστήματα διαλογής στην πηγή σε επίπεδο συνολικής μάζας. Η παρούσα ενότητα εμβαθύνει στη σύνθεση της χωριστής συλλογής, αναλύοντας χωριστά για κάθε κανάλι τις ποσότητες των τριών υλικών-στόχων του δικτύου RVM, PET, αλουμινίου/λευκοσιδήρου (CAN) και γυαλιού, ώστε να απαντηθεί το ερώτημα ποιο σύστημα συλλέγει ποιο υλικό και σε ποιον βαθμό. Η αντιπαραβολή πραγματοποιείται στη βάση συσκευασίας (Σενάριο Α, ενότητα 5.2), ώστε τα δύο ρεύματα να είναι συγκρίσιμα υπό τις επιφυλάξεις για το διαφορετικό στάδιο μέτρησης.

5.7.1 Μεθοδολογία υπολογισμού: χωριστή συλλογή RVM

Όπως αναλύθηκε στην ενότητα 5.2, τα μηχανήματα καταγράφουν τεμάχια ανά υλικό και όχι βάρος. Η ανά υλικό συλλεγόμενη μάζα προκύπτει αθροίζοντας, ανά έτος, το γινόμενο των τεμαχίων κάθε υλικού επί τον δυναμικό συντελεστή βάρους του ίδιου έτους και διαιρώντας διά 1.000.000 για μετατροπή σε τόνους, σύμφωνα με τη σχέση (1):

$$RVM_{\text{υλικό}}(t) = \sum_{\text{έτος}} [\text{τεμάχια}_{\text{υλικού(έτος)}} \times \text{συντελεστής } g/\text{τεμ. (έτος)}] / 1.000.000$$

(1)

Οι συντελεστές αφορούν αποκλειστικά τη συσκευασία (ΕΚΑ 15 01 02 για το PET, 15 01 04 για το CAN, 15 01 07 για το γυαλί) και υπολογίζονται δυναμικά ανά έτος από τις οριστικές δηλώσεις ΗΜΑ της TEXAN A.B.E.E. (τόνοι ÷ τεμάχια), σύμφωνα με το Σενάριο Α. Επαληθεύεται ότι το άθροισμα PET + CAN + γυαλί ισούται με το συνολικό μέγεθος RVM (Σεν. Α) του Πίνακα 5.1, 914 t το 2024 και 3.490 t το 2025, καθώς τα τρία αυτά υλικά συγκροτούν εξ ορισμού το σύνολο του ρεύματος συσκευασίας των RVM.

5.7.2 Μεθοδολογία υπολογισμού: χωριστή συλλογή Μπλε Κάδου

Σε αντίθεση με τα RVM, ο μπλε κάδος ζυγίζεται μόνο ως ενιαίο ρεύμα μεικτής συσκευασίας (ΕΚΑ 15 01 06), επομένως η ποσότητα κάθε επιμέρους υλικού δεν είναι άμεσα μετρήσιμη και εκτιμάται έμμεσα, με εφαρμογή των ποσοστών ανάκτησης κάθε υλικού από τις αναλύσεις του ΚΔΑΥ επί του φορτίου του μπλε κάδου που καταγράφεται στο πρόγραμμα κίνησης (περιλαμβανομένων των γενικών δρομολογίων και των λαϊκών αγορών, μετά την εξαίρεση των γραμμών μεταφοράς υπολείμματος που είχαν καταχωριστεί ως μπλε κάδος και των κινήσεων «ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ (ΛΙΜΑΝΙ) - ΠΡΙΟΝΙΔΙ», που δεν αποτελούν φορτία μπλε κάδου), η οποία ανέρχεται σε 17.671 t το 2023, 19.274 t το 2024 και 17.479 t το 2025 (Πίνακας 3.2), σύμφωνα με τη σχέση (2):

$$MK_{\text{υλικό}}(t) = \text{Φορτίο Μπλε Κάδου}(t) \times \text{ποσοστό_υλικού}(\%) \quad (2)$$

Καθοριστικής σημασίας για την αξιοπιστία της εκτίμησης είναι ότι τα ποσοστά σύστασης δεν υιοθετήθηκαν από τη βιβλιογραφία ή από γενικές παραδοχές, αλλά αντλήθηκαν από τις πιστοποιημένες αναλύσεις εισόδου–παραγωγής (έντυπα YEM της ΕΕΑΑ) συνεργαζόμενου Κέντρου Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ Σίνδου). Οι αναλύσεις αυτές διενεργούνται από την ΕΕΑΑ με εξωτερική επιθεώρηση ανεξάρτητου φορέα πιστοποίησης (TÜV AUSTRIA) και αποτυπώνουν, μέσω δοκιμαστικής επεξεργασίας δείγματος εισόδου, την ποσότητα κάθε υλικού που ανακτάται με τη διαλογή ως ποσοστό του επεξεργασμένου φορτίου. Επομένως, οι ποσότητες του μπλε κάδου ανά υλικό αντιστοιχούν σε υλικό που ανακτάται στο ΚΔΑΥ και ενσωματώνουν τις απώλειες της διαλογής. Για τον Δήμο Θεσσαλονίκης αξιοποιήθηκαν δεκατρείς (13) διαθέσιμες αναλύσεις της περιόδου 2023–2026, οι οποίες ενσωματώθηκαν στο μοντέλο ως πίνακας «ΚΔΑΥ». Για κάθε έτος εφαρμόζεται ο μέσος όρος των αναλύσεων του ίδιου έτους όπου για κάποιο διάστημα δεν υπάρχει ανάλυση,

χρησιμοποιείται ο μέσος όρος του έτους ή, ελλείψει αυτού, ο μέσος όρος όλων των αναλύσεων.

Η μέση ετήσια σύσταση που χρησιμοποιήθηκε συνοψίζεται στον Πίνακα 5.6.

Έτος	PET %	Αλουμίνιο/CAN %	Γυαλί %	Αναλύσεις
2023	4,84%	0,43%	1,72%	4
2024	4,00%	0,53%	1,65%	4
2025	3,40%	0,33%	1,73%	4

Πίνακας 5.6 Μέση ετήσια σύσταση μπλε κάδου από τις πιστοποιημένες αναλύσεις ΚΔΑΥ Σίνδου, 2023–2025.

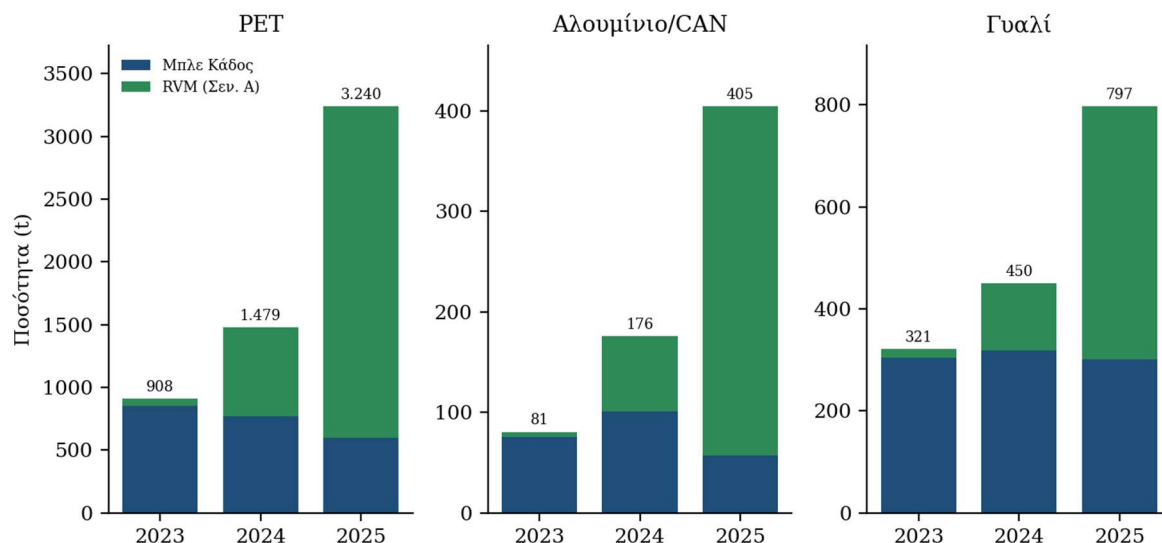
Πηγή: Αναλύσεις εισόδου–παραγωγής YEM, EEAA – TÜV AUSTRIA (ΚΔΑΥ Σίνδου) επεξεργασία Power BI (bluebin_RVM_eap17). Κάθε ετήσια τιμή είναι ο μέσος όρος τεσσάρων (4) πιστοποιημένων αναλύσεων. Παρατηρείται σταθερή πτώση του ποσοστού PET (4,84% → 3,40%).

Με βάση την ανωτέρω μεθοδολογία, ο Πίνακας 5.7 και τα Σχήματα 5.2 και 5.3 αποτυπώνουν τις ποσότητες ανά υλικό κάθε καναλιού (ανάκτηση ΚΔΑΥ για τον μπλε κάδο, χωριστή συλλογή για τα RVM) και τη σχετική συνεισφορά των RVM.

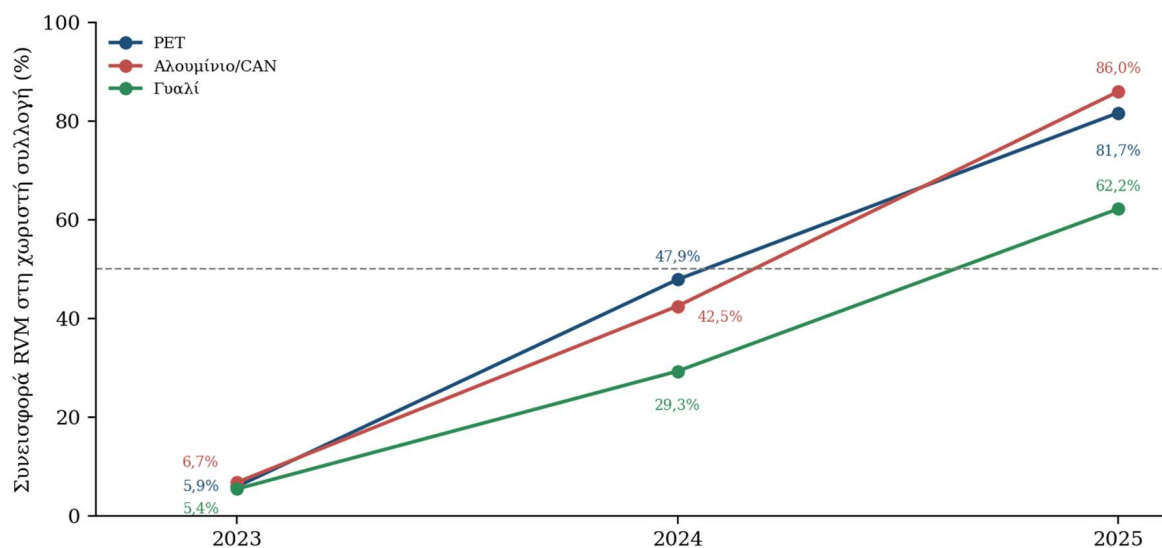
Υλικό	Έτος	Μπλε Κάδος (t)	RVM (t)	Σύνολο (t)	Συνεισφορά RVM
PET	2023*	854,8	53,4	908,3	5,9%
PET	2024	770,9	708,0	1.478,9	47,9%
PET	2025	594,3	2.646,0	3.240,3	81,7%
Αλουμίνιο/CAN	2023*	75,1	5,4	80,5	6,7%
Αλουμίνιο/CAN	2024	101,2	74,7	175,9	42,5%
Αλουμίνιο/CAN	2025	56,8	347,9	404,7	86,0%
Γυαλί	2023*	303,5	17,3	320,8	5,4%
Γυαλί	2024	318,0	131,7	449,7	29,3%
Γυαλί	2025	301,5	495,9	797,4	62,2%

Πίνακας 5.7 Ποσότητες ανά υλικό και κανάλι (t), ανάκτηση ΚΔΑΥ για τον μπλε κάδο και χωριστή συλλογή για τα RVM, και συνεισφορά RVM, 2023–2025.

Πηγή: Δήμος Θεσσαλονίκης, Power BI – bluebin_RVM_eap17 (report view «Σύγκριση καναλιών ανακύκλωσης»). RVM υπολογισμένα σε Σενάριο Α (μόνο συσκευασία). Συνεισφορά RVM = $RVM / (\text{Μπλε Κάδος} + RVM)$. *Μερική λειτουργία RVM (Σεπτέμβριος–Δεκέμβριος 2023). Μπλε Κάδος: υλικό που ανακτάται με διαλογή στο ΚΔΑΥ (σχέση 2).



Σχήμα 5.2 Ποσότητες ανά υλικό και κανάλι, ανάκτηση ΚΛΑΥ και χωριστή συλλογή RVM (στοιβαγμένη απεικόνιση Μπλε Κάδου και RVM, σε τόνους), 2023–2025.



Σχήμα 5.3 Εξέλιξη της ποσοστιαίας συνεισφοράς των RVM στο άθροισμα ανάκτησης ΚΛΑΥ και χωριστής συλλογής RVM ανά υλικό, 2023–2025.

Κατά την περίοδο 2023–2025 μεταβάλλεται το κυρίαρχο κανάλι για το PET και το αλουμίνιο. Το 2023, ο μπλε κάδος αποτελούσε σχεδόν αποκλειστική πηγή και για τα τρία υλικά (συνεισφορά RVM 5–7%), αποτέλεσμα αναμενόμενο δεδομένης της μερικής μόνο λειτουργίας του δικτύου RVM (Σεπτέμβριος–Δεκέμβριος 2023). Το 2024 η συνεισφορά των RVM ανέρχεται σε 47,9% για το PET και 42,5% για το αλουμίνιο/CAN, προσεγγίζοντας ισοβαρή κατανομή με τον μπλε κάδο. Το 2025 τα RVM αποτελούν το κυρίαρχο κανάλι, αποδίδοντας το 81,7% του PET, το 86,0% του αλουμινίου/CAN και το 62,2% του γυαλιού (Σχήμα 5.3). Τα

ποσοστά αυτά εξαρτώνται από τους συντελεστές του Σεναρίου Α για το 2025 ο έλεγχος ευαισθησίας που ακολουθεί δείχνει ότι το συμπέρασμα για το PET και το αλουμίνιο ισχύει και με συντηρητικότερους συντελεστές.

Ωστόσο η μετατόπιση διαφοροποιείται ανά υλικό. Το PET και το αλουμίνιο/CAN, οι τυπικές συσκευασίες ποτών που συγκροτούν τον πυρήνα κάθε συστήματος επιστροφής εγγύησης, εμφανίζουν την ταχύτερη και πληρέστερη μεταφορά προς τα RVM, με τη συνεισφορά τους να υπερβαίνει το 80% το 2025. Το γυαλί ακολουθεί με αισθητή υστέρηση (62,2%), εύρημα συμβατό με δύο παράγοντες: αφενός τη χαμηλότερη συμμετοχή των γυάλινων συσκευασιών στη χρήση των μηχανημάτων, αφετέρου το γεγονός ότι μέρος του γυάλινου ρεύματος των RVM δηλώνεται ως γυαλί που δεν αποτελεί απόβλητο συσκευασίας (EKA 20 01 02) και όχι ως συσκευασία (15 01 07), γεγονός που υπό το αυστηρό Σενάριο Α συγκρατεί την αποτυπούμενη μάζα του γυάλινου ρεύματος RVM.

Τα αναλυτικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι η ανάκτηση PET από τον μπλε κάδο όχι μόνο δεν αυξάνεται, αλλά υποχωρεί (από 855 t το 2023 σε 594 t το 2025). Η μείωση αυτή αποτελεί συνισταμένη δύο συντρεχόντων παραγόντων: της υποχώρησης του συνολικού φορτίου του μπλε κάδου και, κυρίως, της σταθερής μείωσης του ποσοστού PET στη σύσταση του μπλε κάδου (από 4,84% το 2023 σε 3,40% το 2025, Πίνακας 5.6). Η τελευταία ενδέχεται να αποτελεί έμμεση ένδειξη υποκατάστασης: καθώς οι καταναλωτές κατευθύνουν αυξανόμενα τις συσκευασίες ποτών, και ιδίως τις φιάλες PET, προς τα RVM που προσφέρουν οικονομικό αντιστάθμισμα, το ρεύμα του μπλε κάδου καθίσταται προοδευτικά «φτωχότερο» σε υλικά υψηλής αξίας, φαινόμενο που περιγράφεται και στη διεθνή βιβλιογραφία (Picuno et al., 2025). Εφόσον το φαινόμενο αυτό επιβεβαιωθεί και σε επόμενα έτη, ενδέχεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομική βιωσιμότητα του μπλε κάδου, ο οποίος τείνει να συγκεντρώνει δυσανάλογα το ρεύμα χαμηλής αξίας.

Η μερική λειτουργία του δικτύου RVM το 2023 καθιστά το έτος αυτό μη αντιπροσωπευτικό για γραμμικές προβολές, ενώ η εκτίμηση των ποσοτήτων του μπλε κάδου ενέχει το στατιστικό σφάλμα της δειγματοληπτικής μεθόδου των αναλύσεων YEM του ΚΔΑΥ. Παράλληλα, η εφαρμογή δυναμικών συντελεστών βάρους, αν και απαραίτητη για την ακρίβεια της μετατροπής, επιβάλλει προσοχή στη διαχρονική σύγκριση των απόλυτων μεγεθών.

Έλεγχος ευαισθησίας ως προς τους συντελεστές βάρους. Οι συντελεστές του Σεναρίου Α παρουσιάζουν έντονη διακύμανση μεταξύ των ετών (Πίνακας 5.8). Το 2025 ο συντελεστής

PET ανήλθε σε 46,11 g/τεμ. έναντι 19,06 g/τεμ. το 2024, ο συντελεστής CAN σε 27,57 έναντι 8,63 g/τεμ. και ο συντελεστής γυαλιού σε 215,33 έναντι 77,14 g/τεμ. Οι τιμές του 2025 υπερβαίνουν σημαντικά τα συνήθη βάρη κενών φιαλών PET και μεταλλικών κουτιών, ακόμη και αν ληφθεί υπόψη ότι η κατηγορία CAN περιλαμβάνει και βαρύτερους περιέκτες από λευκοσίδηρο, και δύσκολα αποδίδονται σε μεταβολή του φυσικού βάρους των συσκευασιών. Αντίθετα, οι συντελεστές του Σεναρίου B, οι οποίοι αθροίζουν τους κωδικούς συσκευασίας και μη συσκευασίας, μειώθηκαν κατά 13% έως 16% την ίδια περίοδο. Το εύρημα συνάδει με την υπόθεση ότι το 2025 η TEXAN δήλωσε μεγαλύτερο μέρος των ίδιων ποσοτήτων υπό τους κωδικούς συσκευασίας 15 01 xx αντί των κωδικών 20 01 xx. Εφόσον η υπόθεση αυτή ισχύει, η αύξηση του Σεναρίου A κατά 282% μεταξύ 2024 και 2025 οφείλεται κατά μεγάλο μέρος στον επιμερισμό των δηλώσεων, ενώ η πραγματική αύξηση της χρήσης αποτυπώνεται καλύτερα από τα καταγεγραμμένα τεμάχια (+54,5% για το PET, +45,8% για το CAN, +34,9% για το γυαλί) και από το Σενάριο B (+31,1%).

Μέγεθος	2023*	2024	2025	Μεταβολή 2024→2025
Συντελεστής PET, Σεν. A (g/τεμ.)	30,11	19,06	46,11	+141,9%
Συντελεστής CAN, Σεν. A (g/τεμ.)	15,87	8,63	27,57	+219,4%
Συντελεστής γυαλιού, Σεν. A (g/τεμ.)	109,40	77,14	215,33	+179,1%
Συντελεστής PET, Σεν. B (g/τεμ.)	231,64	96,27	83,99	-12,8%
Συντελεστής CAN, Σεν. B (g/τεμ.)	107,21	41,30	34,88	-15,6%
Συντελεστής γυαλιού, Σεν. B (g/τεμ.)	911,70	406,00	350,26	-13,7%
Τεμάχια PET (εκατ.)	1,77	37,14	57,38	+54,5%
Τεμάχια CAN (εκατ.)	0,34	8,65	12,62	+45,8%
Τεμάχια γυαλιού (εκατ.)	0,16	1,71	2,30	+34,9%
RVM Σεν. A (t)	76,20	914,33	3.489,74	+281,7%
RVM Σεν. B (t)	592,16	4.625,96	6.066,00	+31,1%
RVM Σεν. A με συντελεστές 2024 (t)	—	914,33	1.380,37	+51,0%

Πίνακας 5.8 Συντελεστές μετατροπής τεμαχίων σε μάζα, καταγεγραμμένα τεμάχια και ποσότητες RVM ανά σενάριο, 2023–2025.

Πηγή: Δήμος Θεσσαλονίκης, επεξεργασία Power BI (bluebin_RVM_eap17). Συντελεστής = τόνοι που δήλωσε η TEXAN A.B.E.E. στο HMA στους αντίστοιχους κωδικούς EKA ÷ τεμάχια RVM του ίδιου έτους. *Το 2023 αφορά μερική λειτουργία των RVM (Σεπτέμβριος–Δεκέμβριος) και οι τιμές του δεν είναι άμεσα συγκρίσιμες. Η τελευταία γραμμή εφαρμόζει τους συντελεστές του 2024 στα τεμάχια του 2025.

Για τον έλεγχο της ευαισθησίας των συμπερασμάτων, εφαρμόστηκαν στα τεμάχια του 2025 οι συντελεστές του 2024. Με την παραδοχή αυτή, η χωριστή συλλογή RVM υπό Σενάριο A το 2025 ανέρχεται σε περίπου 1.380 t (αντί 3.490 t) και το μερίδιο των RVM στο σύνολο της

χωριστής συλλογής συσκευασιών σε 7,5% (αντί 17,1%). Η συνεισφορά των RVM ανά υλικό διαμορφώνεται σε 64,8% για το PET, 65,7% για το αλουμίνιο/CAN και 37,1% για το γυαλί. Επομένως, το συμπέρασμα ότι τα RVM έγιναν το κύριο κανάλι χωριστής συλλογής για το PET και το αλουμίνιο το 2025 ισχύει και υπό τη συντηρητική αυτή παραδοχή, ενώ το μέγεθος της μετατόπισης (65% έως 86%) εξαρτάται από τους συντελεστές. Για το γυαλί, η κυριαρχία των RVM δεν επιβεβαιώνεται υπό τη συντηρητική παραδοχή. Η επαλήθευση των μοναδιαίων βαρών με δειγματοληπτική ζύγιση σάκων RVM, κατά το πρότυπο των Martinho et al. (2024a), θα περιορίσει την αβεβαιότητα αυτή.

Παρά τις παραπάνω επιφυλάξεις, η συγκλίνουσα εικόνα για το PET και το CAN συνηγορεί στο ότι, κατά την τριετία 2023–2025, τα μηχανήματα ανταποδοτικής ανακύκλωσης μετακινήθηκαν από συμπληρωματικό σε κυρίαρχο ρόλο ως προς τη χωριστή συλλογή των υλικών-στόχων στον Δήμο Θεσσαλονίκης.

6 Διαφοροποιημένη Απόδοση RVM ανά Δημοτική Κοινότητα

6.1 Ποσοτική αποτύπωση

Η ανάλυση ανά Δημοτική Κοινότητα δείχνει ότι, παρά τη συνολική αύξηση των ποσοτήτων RVM, η κατανομή τους είναι ιδιαίτερα ανισομερής, γεγονός που δεν φαίνεται στους συνολικούς δείκτες (Πίνακας 6.1).

Κοινότητα	RVM (πλ.)	Βάρος Σεν. Α (t)	t/RVM μηχ.	kg/κατ. 2023	kg/κατ. 2024	kg/κατ. 2025	RVM / 10.000 κατ.
Β' Δημοτική	10	1.389,97	139,00	0,98	11,76	47,77	4,35
Γ' Δημοτική	2	190,09	95,04	0,14	3,06	12,14	1,61
Ε' Δημοτική	19	1.752,68	92,25	0,25	2,63	9,54	1,35
ΔΕ Τριανδρίας	2	119,21	59,61	0,00	2,21	10,44	2,12
Δ' Δημοτική	10	791,68	79,17	0,22	2,34	8,24	1,36
Α' Δημοτική	5	236,63	47,33	0,02	0,70	3,23	0,84

Πίνακας 6.1 Απόδοση RVM ανά Δημοτική Κοινότητα Θεσσαλονίκης, 2023–2025 (Σεν. Α).

Πηγή: Δήμος Θεσσαλονίκης, *Power BI – bluebin_RVM_eap17*. Βάρος υπολογισθέν με δυναμικούς συντελεστές ΗΜΑ ανά έτος (Σεν. Α). Το «Βάρος Σεν. Α» είναι αθροιστικό 2023–2025. Ο αριθμός RVM αφορά τα 48 μηχανήματα σε λειτουργία την περίοδο 2023–2025 το πολυκέντρο της ΔΕΘ, που έπαψε να λειτουργεί τον Σεπτέμβριο του 2025. Η πυκνότητα RVM ανά 10.000 κατοίκους υπολογίζεται με τον μόνιμο πληθυσμό του Πίνακα 4.1.

Η Β' Δημοτική Κοινότητα εμφανίζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Με 10 μηχανήματα αποδίδει 47,8 kg ανά κάτοικο το 2025 (Σεν. Α), τη μέγιστη τιμή στο σύνολο του Δήμου, και παράλληλα επιτυγχάνει τον υψηλότερο δείκτη απόδοσης ανά μηχανήματα (139,0 t ανά μηχανήματα, αθροιστικά για την περίοδο 2023–2025). Η αναλογία μεταξύ Β' και Α' ΔΚ, 47,8 έναντι 3,2 kg/κατ., ισοδυναμεί με λόγο 14,8:1, διαφορά ιδιαίτερα μεγάλη για κοινότητες του ίδιου δήμου που εξυπηρετούνται από το ίδιο σύστημα. Σημειώνεται ότι η απόδοση της Α' ΔΚ το 2025 επηρεάζεται εν μέρει από την παύση λειτουργίας του πολυκέντρου της ΔΕΘ από τον Σεπτέμβριο του 2025 (ενότητα 3.1). Ένα από τα πέντε μηχανήματα της κοινότητας δεν λειτούργησε τους τελευταίους τέσσερις μήνες του έτους, απώλεια της τάξης του 7% της δυναμικότητάς της σε ετήσια βάση, με αποτέλεσμα ο λόγος 14,8:1 να είναι ελαφρώς υπερεκτιμημένος.

Η Ε' ΔΚ, παρά τον μεγαλύτερο αριθμό μηχανημάτων (19), εμφανίζει χαμηλότερο κατά κεφαλήν δείκτη (9,5 kg/κατ. το 2025), υποδηλώνοντας ότι ο όγκος της υποδομής δεν μεταφράζεται αυτόματα σε αντίστοιχη αξιοποίηση. Η ΔΕ Τριανδρίας παρουσίασε μηδενική σχεδόν αξιοποίηση το 2023 επειδή τα δύο μηχανήματά της τέθηκαν σε λειτουργία τον

Δεκέμβριο του 2023, αλλά ήδη το 2025 φτάνει τα 10,4 kg/κατ., ανοδική τάση υψηλότερη από εκείνη της Δ' ΔΚ.

6.2 Ερμηνεία των διαφοροποιήσεων

Η παρατηρούμενη ανισομέρεια στην απόδοση μεταξύ των κοινοτήτων μπορεί να ερμηνευτεί, σε πρώτη προσέγγιση, από τη συνδυαστική επίδραση τριών βασικών παραγόντων.

Η πυκνότητα υποδομής. Η Β' ΔΚ διαθέτει 4,35 RVM ανά 10.000 κατοίκους, τιμή υπερτριπλάσια της Δ' και της Ε' ΔΚ (1,36 και 1,35) και πενταπλάσια της Α' ΔΚ (0,84). Η κατάταξη των κοινοτήτων ως προς την πυκνότητα (Β', ΔΕ Τριανδρίας, Γ', Δ', Ε', Α') παρουσιάζει υψηλή συμφωνία με την κατάταξή τους ως προς την απόδοση ανά κάτοικο το 2025 (Β', Γ', ΔΕ Τριανδρίας, Ε', Δ', Α'), με δύο μόνο εναλλαγές γειτονικών θέσεων λόγω του μικρού αριθμού κοινοτήτων (έξι) το εύρημα έχει ενδεικτικό χαρακτήρα. Οι δύο δείκτες όμως συνδέονται αλγεβρικά, αφού η απόδοση ανά κάτοικο ισούται με το γινόμενο της απόδοσης ανά μηχανήμα επί την πυκνότητα ($\text{kg/κάτοικο} = \text{kg/RVM} \times \text{RVM/κάτοικο}$) η συμφωνία των κατατάξεων δεν αποτελεί επομένως ανεξάρτητη ένδειξη αιτιώδους επίδρασης. Η σχέση της πυκνότητας με την απόδοση ανά μηχανήμα, που δεν επηρεάζεται από τη σύνδεση αυτή, είναι αισθητά ασθενέστερη. Ο λόγος 14,8:1 μεταξύ Β' και Α' ΔΚ προκύπτει από το γινόμενο της πενταπλάσιας πυκνότητας (5,2:1) και της σχεδόν τριπλάσιας απόδοσης ανά μηχανήμα (110 έναντι 39 t, 2,8:1) η πυκνότητα εξηγεί επομένως το μεγαλύτερο μέρος, όχι όμως το σύνολο, της διαφοράς. Η ΔΕ Τριανδρίας αποτελεί αντιπαράδειγμα: με τη δεύτερη υψηλότερη πυκνότητα (2,12) καταγράφει τη δεύτερη χαμηλότερη απόδοση ανά μηχανήμα (49 t), εύρημα που ερμηνεύεται με προσοχή, καθώς η κοινότητα διαθέτει μόνο δύο μηχανήματα. Η κατάταξη δεν επηρεάζεται από την αβεβαιότητα των συντελεστών του Σεναρίου Α (ενότητα 5.7), αφού οι ίδιοι συντελεστές εφαρμόζονται σε όλες τις κοινότητες. Η διεθνής βιβλιογραφία αναδεικνύει την πυκνότητα και την προσβασιμότητα των σημείων συλλογής και επιστροφής ως έναν από τους ισχυρότερους προσδιοριστικούς παράγοντες της συμμετοχής (Picuno et al., 2025; Oliveira et al., 2018). Για σύγκριση, στα ευρωπαϊκά συστήματα εγγυοδοσίας η αναλογία σημείων επιστροφής προς πληθυσμό κυμαίνεται από 1:356 (Νορβηγία) έως 1:1.117 (Λιθουανία), δηλαδή περίπου 9 έως 28 σημεία ανά 10.000 κατοίκους (Picuno et al., 2025), τιμές 2 έως 6,5 φορές υψηλότερες από της Β' ΔΚ και 6 έως 19 φορές υψηλότερες από τον

μέσο όρο του Δήμου (1,50). Η σύγκριση είναι ενδεικτική, καθώς τα σημεία επιστροφής των συστημάτων εγγυοδοσίας περιλαμβάνουν και χειροκίνητη παραλαβή σε καταστήματα λιανικής.

Ο χαρακτήρας χρήσης γης. Η Α' ΔΚ, ως εμπορικό και τουριστικό κέντρο, έχει σχετικά μικρό μόνιμο πληθυσμό σε σχέση με τον πληθυσμό που κυκλοφορεί. Το ανταποδοτικό σύστημα ενδέχεται να μην ταιριάζει με τον «διερχόμενο» αστικό πληθυσμό. Αντίθετα, ο οικιστικός ιστός της Β' ΔΚ ευνοεί τη δημιουργία σταθερών καταναλωτικών συνηθειών γύρω από το RVM, εύρημα συμβατό με τη διαπίστωση των Νικολιέ και Južnik Rotar (2026) ότι η ένταση του τουρισμού επηρεάζει σημαντικά την αποδοτικότητα της χωριστής συλλογής.

Η γειτνίαση και οι ροές χρηστών. Η ΔΕ Τριανδρίας και η Δ' ΔΚ συνορεύουν με δήμους (Πυλαία-Χορτιάτης, Καλαμαριά) που δεν συμμετέχουν στο ίδιο δίκτυο RVM. Ενδέχεται να παρατηρείται αντίρροπο φαινόμενο: κάτοικοι από τις όμορες περιοχές να χρησιμοποιούν τα RVM εντός των ορίων του Δήμου Θεσσαλονίκης, δηλαδή μια διαδημοτική προσέλκυση χρηστών που υπερεκτιμά τα αποτελέσματα ορισμένων κοινοτήτων στις συνοριακές ζώνες.

7 Απόβλητα Κλωστοϋφαντουργίας

7.1 Οργάνωση του συστήματος συλλογής

Η συλλογή αποβλήτων ειδών ένδυσης και υπόδησης οικιακής προέλευσης οργανώνεται στον Δήμο Θεσσαλονίκης μέσω σύμβασης με την ιδιωτική εταιρεία East West Greece IKE. Ο ανάδοχος τοποθετεί και συντηρεί ειδικούς κάδους ιματισμού (μωβ χρώματος), ενώ η παραλαβή, ταξινόμηση και διαχείριση του ρεύματος γίνεται αποκλειστικά από αυτόν. Ο Δήμος αξιοποιεί το σύστημα ως συμπληρωματικό κανάλι χωριστής συλλογής, χωρίς άμεσο λειτουργικό κόστος.

Στο μητρώο του Δήμου είναι καταχωρισμένοι 334 κάδοι ιματισμού στις έξι κοινότητες (Πίνακας 4.2), ενώ οι κατάλογοι του αναδόχου περιλαμβάνουν 346 έως 347 κάδους ανά έτος (Πίνακας 7.2) οι δύο κατάλογοι τηρούνται χωριστά και δεν έχουν ακόμη εναρμονιστεί. Ο εξοπλισμός δεν χρηματοδοτείται από τον κρατικό ή τον δημοτικό προϋπολογισμό ο ανάδοχος βαρύνεται με το σύνολο του επενδυτικού και λειτουργικού κόστους και αποζημιώνεται από την αξία των υλικών που ανακτώνται.

7.2 Γεωγραφική κατανομή και αποτελέσματα

Η κατανομή των μωβ κάδων δεν ακολουθεί αυστηρά αναλογική λογική πληθυσμού: η Γ' ΔΚ εμφανίζει σχετικά υψηλή κάλυψη (1,29 κάδοι/1.000 κατ.) παρότι είναι η μικρότερη σε πληθυσμό Δημοτική Κοινότητα, καθώς στοχευμένη τοποθέτηση κάδων έγινε κοντά σε σχολεία και χώρους κοινωνικής πρόνοιας. Ο Νοτιοανατολικός Τομέας, που αντιστοιχεί κυρίως στην

Ε' και Δ' ΔΚ, συγκεντρώνει τον μεγαλύτερο αριθμό κάδων, αντανakλώντας τόσο την πυκνή κατοίκηση όσο και τη στοχευμένη πολιτική χωριστής συλλογής ιματισμού (Πίνακας 7.1).

Κοινότητα	Μωβ Κάδοι	Κάδοι / 1.000 κατ.	Εκτιμ. βάρος 2025 (t)	kg/κατ. 2025
Α' Δημοτική Κοινότητα	78	1,31	131,25	2,20
Β' Δημοτική Κοινότητα	17	0,74	28,61	1,25
Γ' Δημοτική Κοινότητα	16	1,29	26,92	2,17
Δ' Δημοτική Κοινότητα	85	1,16	143,02	1,95
Ε' Δημοτική Κοινότητα	126	0,89	212,01	1,50
ΔΕ Τριανδρίας	12	1,27	20,19	2,14
Σύνολο Δήμου	334	1,05	562,00	1,76

Πίνακας 7.1 Κατανομή μωβ κάδων και εκτιμώμενη απόδοση κλωστοϋφαντουργίας ανά κοινότητα (2025).

Σημ.: Τα στοιχεία ανά κοινότητα αποτελούν εκτίμηση βάσει αναλογικής κατανομής του συνολικού ετήσιου βάρους (562 t, 2025) στους 334 χωροθετημένους κάδους του δημοτικού μητρώου, με παραδοχή ίσης μάζας ανά κάδο. Για το 2025 τα στοιχεία του αναδόχου δεν περιλαμβάνουν κωδικό κάδου που να επιτρέπει χωρική αντιστοίχιση (ενότητα 3.2). Επειδή η κατανομή γίνεται αναλογικά προς τον αριθμό κάδων, ο δείκτης kg/κάτοικο ανά κοινότητα αντανakλά την πυκνότητα κάδων και δεν μετρά τοπική απόδοση.

Για το σύνολο του Δήμου, η συλλογή αποβλήτων κλωστοϋφαντουργίας ανήλθε σε 562 t το 2025, που αντιστοιχεί σε 1,76 kg/κάτοικο/έτος. Η τιμή αυτή υπερβαίνει την εθνική τιμή αναφοράς για το 2020 (~1 kg/cap-y), η οποία ωστόσο υποεκτιμάται στατιστικά καθώς ποσότητες που συλλέγονται για άμεση επαναχρησιμοποίηση δεν κατηγοριοποιούνται ως «απόβλητα». Σύμφωνα με την έκθεση ETC CE 2024/5 (Deckers et al., 2024), ο μέσος όρος της ΕΕ-27 για τη χωριστή συλλογή αποβλήτων κλωστοϋφαντουργίας ανέρχεται σε 4,4 kg/κάτοικο (2020), με διάμεσο τιμή 3 kg/κάτοικο, και εύρος από 1 kg/κάτοικο (Σουηδία, Ελλάδα, Ιρλανδία) έως 15,5 kg/κάτοικο (Βέλγιο), αποκλίσεις που αντανakλούν κυρίως διαφορές στον τρόπο καταγραφής των ροών και όχι απαραίτητα στην πραγματική απόδοση των συστημάτων.

7.3 Ρυθμιστικό πλαίσιο και προοπτικές

Η διαχείριση αποβλήτων κλωστοϋφαντουργίας εντάσσεται στον Ν. 4819/2021 και στην Οδηγία (ΕΕ) 2018/851 για τα απόβλητα, η οποία επιβάλλει τη χωριστή συλλογή αυτής της κατηγορίας από το 2025 σε ολόκληρη την ΕΕ, ενώ η Οδηγία (ΕΕ) 2025/1892 θεσπίζει

υποχρεωτικά συστήματα διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού έως τον Απρίλιο του 2028. Ο Δήμος Θεσσαλονίκης βρίσκεται ήδη σε συμμόρφωση ως προς τη χωριστή συλλογή, καθώς το σύστημα μωβ κάδων λειτουργεί προ της νομικής υποχρέωσης. Ωστόσο, η απουσία ολοκληρωμένης παρακολούθησης ανά κάδο, σε αντίθεση με τα RVM που καταγράφουν σε πραγματικό χρόνο, αποτελεί σημαντικό κενό που χρήζει αντιμετώπισης, ιδίως ενόψει της ένταξης του ρεύματος σε σύστημα EPR.

Από τη σκοπιά της ΜΔΕ, τα απόβλητα κλωστοϋφαντουργίας αντιπροσωπεύουν ένα ανεξάρτητο ρεύμα που δεν επικαλύπτεται με τα απόβλητα συσκευασίας και πρέπει να αξιολογείται χωριστά. Η συνολική εικόνα της χωριστής συλλογής στον Δήμο Θεσσαλονίκης δεν μπορεί να θεωρηθεί πλήρης χωρίς τη συμπερίληψή τους.

7.4 Ετήσια δεδομένα συλλογής 2023–2025

Η παρούσα ενότητα καλύπτει το σύνολο της υπό εξέταση περιόδου, ενσωματώνοντας τα πρωτογενή δεδομένα του αναδόχου (East West Greece IKE) για κάθε κάδο και μήνα (για το 2025 χωρίς κωδικό κάδου, ενότητα 3.2). Ο συνολικός αριθμός κάδων που τέθηκαν σε λειτουργία στα τρία έτη κινήθηκε από 347 (2023) σε 346 (2025), δηλαδή παρέμεινε ουσιαστικά αμετάβλητος.

Ο Πίνακας 7.2 παρουσιάζει τις συνολικές ετήσιες ποσότητες κλωστοϋφαντουργίας ανά έτος, τον αριθμό κάδων σε λειτουργία και τον δείκτη κατά κεφαλήν συλλογής.

Έτος	Αριθμός κάδων (τεμ.)	Συλλογή (kg)	Συλλογή (t)	Κατά κεφαλήν (kg/κάτ.)
2023	347	676.180	676,18	2,12
2024	347	666.394	666,39	2,09
2025	346	562.005	562,00	1,76

Πίνακας 7.2 Ετήσια δεδομένα συλλογής αποβλήτων κλωστοϋφαντουργίας, Δήμος Θεσσαλονίκης 2023–2025.

Πηγή: Δήμος Θεσσαλονίκης, επεξεργασία Power BI (bluebin_RVM_eap17). Ο δείκτης κατά κεφαλήν υπολογίστηκε βάσει μόνιμου πληθυσμού 319.045 κατοίκων (απογραφή 2021 ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2023).

Οι μεταβολές αυτές χρήζουν σχολιασμού. Η μείωση κατά 15,7% μεταξύ 2024 και 2025 (από 666,4 σε 562,0 t) δεν μπορεί να εξηγηθεί από τον αριθμό των κάδων, ο οποίος παρέμεινε

πρακτικά σταθερός (347 έναντι 346). Η μείωση δεν αποδίδεται απαραίτητα σε πτώση της συμμετοχής των κατοίκων πιθανές εξηγήσεις, που δεν μπορούν να ελεγχθούν με τα διαθέσιμα δεδομένα, είναι η εκτροπή μέρους της ροής σε άλλα κανάλια συλλογής ή η μεταβολή της σύνθεσης του ρεύματος. Οι ποσότητες του 2023 και του 2024 είναι πρακτικά ίσες (676,2 και 666,4 t).

Ο δείκτης κατά κεφαλήν κινείται μεταξύ 1,76 (2025) και 2,12 kg/κάτοικο (2023). Σε ενδεικτική σύγκριση με στοιχεία διαφορετικού έτους και κάλυψης, η τιμή αυτή υπερβαίνει την εθνική τιμή αναφοράς του 2020 (~1 kg/κάτοικο) και τοποθετεί τον Δήμο στο κατώτερο τμήμα της ευρωπαϊκής διακύμανσης, δεδομένου ότι ο μέσος όρος στην ΕΕ-27 ανέρχεται σε 4,4 kg/κάτοικο (2020), με διάμεσο 3 kg/κάτοικο (Deckers et al., 2024). Ο δείκτης του Δήμου είναι μάλλον συντηρητικός, παραπλήσιος με αυτόν άλλων χωρών της νοτιοανατολικής Ευρώπης και της Ιβηρικής, όπου η χωριστή συλλογή παραμένει περιορισμένη (Morell-Delgado et al., 2024).

8 Συμπεράσματα

8.1 Σύνοψη κύριων ευρημάτων

Η συνολική εικόνα της χωριστής συλλογής στον Δήμο Θεσσαλονίκης για την περίοδο 2023–2025 αναδεικνύει μία πολύπλευρη υποδομή: τρία ρεύματα χωριστής συλλογής λειτουργούν ταυτόχρονα σε αστικό δήμο 320.000 κατοίκων, ο Μπλε Κάδος (κυρίαρχος πυλώνας), τα μηχανήματα RVM (νέο ανταποδοτικό κανάλι) και οι μωβ κάδοι ιματισμού (τρίτο ανεξάρτητο ρεύμα). Τα βασικά αριθμητικά ευρήματα συνοψίζονται στον Πίνακα 8.1.

Εύρημα	Αριθμητικό τεκμήριο
Ανοδική τάση RVM από το πρώτο πλήρες έτος λειτουργίας	Σεν. Β: 592 t (2023, τετράμηνο) → 4.626 t (2024) → 6.066 t (2025), +31% μεταξύ 2024 και 2025
Το RVM εκτρέπει και ανακυκλώσιμα υλικά μη συσκευασίας	Σεν. Β έναντι Σεν. Α: λόγος 1,74×, 2.576 t πρόσθετα (2025)
Χωριστή συλλογή ανά κάτοικο με συνυπολογισμό RVM Σεν. Β	53,2 kg/cap-y (μόνο MK) → 72,2 kg/cap-y (MK + RVM, 2025)
Υψηλή εσωτερική ανισομέρεια μεταξύ κοινοτήτων	Β' ΔΚ: 47,8 kg/κατ., Α' ΔΚ: 3,2 kg/κατ. (2025, Σεν. Α), λόγος 14,8×
Κλωστοϋφαντουργία: χαμηλή συνεισφορά, μείωση 15,7% το 2025	562 t / 1,76 kg/cap-y (2025), 334 ειδικοί κάδοι σε 6 κοινότητες
Ο MK παραμένει ο κύριος πυλώνας χωριστής συλλογής σε όγκο	82,9% του συνολικού ΔσΠ (Σεν. Α, 2025), 53,2 kg/cap-y
Εκτροπή ΑΣΑ μέσω RVM (Σεν. Β, ανώτατο όριο)	3,9% (2024) → 5,1% (2025) επί των σύμμεικτων προς ταφή
Σύμμεικτα ΑΣΑ Δήμου	118.032 t (2024) / 120.128 t (2025), 370–377 kg/cap

Πίνακας 8.1 Κύρια ευρήματα της ΜΔΕ: βασικοί αριθμητικοί δείκτες.

Σε όρους εκτροπής από την τελική διάθεση, η συμβολή του RVM (Σενάριο Β) στα σύμμεικτα αστικά απόβλητα του Δήμου ανέρχεται σε 3,9% για το 2024 και 5,1% για το 2025, ως ανώτατο όριο ακαθάριστης εκτροπής (ενότητα 5.4), με σαφή ανοδική πορεία.

Ο Μπλε Κάδος αντιστοιχεί σε 82,9% του συνόλου χωριστά συλλεγόμενων αποβλήτων συσκευασίας υπό Σενάριο Α (2025) με 53,2 kg/cap-y, ενώ το RVM, αν αξιολογηθεί υπό Σενάριο Β, αυξήθηκε από 592 t (2023, μερική λειτουργία) σε 6.066 t (2025), με ενδιάμεση τιμή 4.626 t το 2024 και αύξηση 31% μεταξύ των δύο πλήρων ετών λειτουργίας (το 2023 αφορά μόνο τέσσερις μήνες λειτουργίας). Ο κλάδος ιματισμού προσθέτει στο μείγμα 676,2 t (2023), 666,4 t (2024) και 562,0 t (2025), δηλαδή 2,12, 2,09 και 1,76 kg/κάτοικο αντίστοιχα,

τιμές στο κατώτερο τμήμα του εύρους 1–15,5 kg/κάτοικο που καταγράφεται σε επίπεδο κρατών μελών της ΕΕ-27 για το 2020 (Deckers et al., 2024).

8.2 Συμβολή της εργασίας σε σχέση με τη βιβλιογραφία

Η σύγκριση με τη βιβλιογραφία αναδεικνύει τα εξής. Ο δείκτης κατά κεφαλήν συλλογής ιματισμού (1,76–2,12 kg/κάτοικο) είναι περίπου διπλάσιος της εθνικής τιμής αναφοράς του 2020 (~1 kg/κάτοικο) και συγκρίσιμος με τις επιδόσεις μεσογειακών περιοχών με περιορισμένη ακόμη χωριστή συλλογή (Deckers et al., 2024; Morell-Delgado et al., 2024), παραμένει όμως κάτω από τον ευρωπαϊκό διάμεσο (3 kg/κάτοικο).

Επιπλέον, η μεθοδολογική επιλογή να αντιμετωπιστεί η μετατροπή από τεμάχια RVM σε μάζα μέσω δύο διακριτών σεναρίων (Α/Β), με δυναμικούς συντελεστές ανά έτος από τις οριστικές δηλώσεις ΗΜΑ, δεν έχει αντιμετωπιστεί επαρκώς στη βιβλιογραφία των ανταποδοτικών συστημάτων. Αντίθετα, οι περισσότερες εργασίες αναφέρονται σε σταθερά μοναδιαία βάρη συσκευασίας ή σε δειγματοληπτικό χαρακτηρισμό (Martinho et al., 2024a), χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τα ανακυκλώσιμα υλικά μη συσκευασίας που συλλέγονται μέσω των ίδιων σημείων. Η συνεισφορά της παρούσας εργασίας είναι να προτείνει δεδομένα από πραγματική λειτουργία ενός ενεργού αστικού δικτύου, ενώ οι περισσότερες δημοσιευμένες μελέτες επικεντρώνονται σε πιλοτικά σχέδια (Martinho et al., 2024a; 2024b) ή σε εθνικά συγκεντρωτικά στοιχεία (Nikolić & Južnik Rotar, 2026).

Η ανά κοινότητα ανάλυση αναδεικνύει έντονη χωρική ανισομέρεια. Η Β΄ ΔΚ εμφανίζει 47,8 kg/κάτοικο από RVM (2025, Σεν. Α) έναντι 3,2 kg/κάτοικο στην Α΄ ΔΚ, λόγος 14,8:1. Η ανισομέρεια αυτή συνάδει με την κεντρική θέση της πυκνότητας και της προσβασιμότητας της υποδομής, του χαρακτήρα χρήσης γης και του κοινωνικοοικονομικού προφίλ ως κυρίαρχων παραγόντων της απόδοσης των συστημάτων επιστροφής (Oliveira et al., 2018; Picuno et al., 2025; Nikolić & Južnik Rotar, 2026), σε αντίθεση με τον απόλυτο αριθμό μηχανημάτων. Η υψηλή συμφωνία μεταξύ πυκνότητας μηχανημάτων και απόδοσης ανά κάτοικο (ενότητα 6.2) συνάδει με την ερμηνεία αυτή, με την επιφύλαξη ότι οι δύο δείκτες συνδέονται αλγεβρικά ο λόγος 14,8:1 οφείλεται κατά το μεγαλύτερο μέρος στην πενταπλάσια πυκνότητα και κατά το υπόλοιπο στη σχεδόν τριπλάσια απόδοση ανά μηχανήμα.

Η περίοδος 2023–2025 καλύπτει τα πρώτα έτη λειτουργίας του δικτύου RVM του Δήμου, παράλληλα με τη μακροχρόνια λειτουργία του μπλε κάδου και τη συλλογή ιματισμού, η οποία λειτουργούσε ήδη από την αρχή της περιόδου. Τα ευρήματα δείχνουν ανοδική τάση των RVM ήδη από το πρώτο πλήρες έτος λειτουργίας (2024), η οποία συνεχίστηκε το 2025 (+31% υπό Σενάριο Β), ενώ η αύξηση του Συναρίου Α το 2025 επηρεάζεται από τον επιμερισμό των κωδικών ΕΚΑ (ενότητα 5.7). Η συλλογή κλωστοϋφαντουργικών λειτουργεί χωρίς επιβάρυνση του δημοτικού προϋπολογισμού, με μείωση 15,7% το 2025.

8.3 Χωριστή συλλογή έναντι ανακύκλωσης: ενδεικτική αναγωγή σε όρους καθαρότητας

Οι συνολικοί δείκτες της εργασίας εκφράζουν ποσότητες χωριστής συλλογής, ενώ οι ανά υλικό εκτιμήσεις του μπλε κάδου αφορούν ανάκτηση μετά τη διαλογή. Επειδή τα δύο συστήματα συλλογής συσκευασιών διαφέρουν ριζικά ως προς την καθαρότητα του ρεύματος, μια ενδεικτική αναγωγή σε όρους δυνητικά αξιοποιήσιμης μάζας βοηθά στην ερμηνεία των μεριδίων. Το υπόλειμμα του ΚΔΑΥ αντιστοιχεί σε 45,6% (2024) και 44,9% (2025) των ποσοτήτων που δηλώθηκαν στο ΗΜΑ, τιμές που συμπίπτουν με τις αναλύσεις εισόδου–παραγωγής, ενώ ως προς το φορτίο του προγράμματος κίνησης ανέρχεται σε 49,4% και 52,6% αντίστοιχα. Εφαρμόζοντας το εύρος αυτό στο φορτίο του μπλε κάδου και θεωρώντας καθαρότητα 100% για το μονοϋλικό ρεύμα των RVM, το ανακυκλώσιμο φορτίο του μπλε κάδου εκτιμάται σε 9.630 έως 10.360 t το 2024 και σε 8.050 έως 9.350 t το 2025. Σε αυτή τη βάση, το μερίδιο των RVM στο ανακυκλώσιμο υλικό συσκευασίας το 2025 αυξάνεται από 17,1% (χωριστή συλλογή) σε περίπου 27% έως 30% υπό Σενάριο Α και σε 39% έως 43% υπό Σενάριο Β. Οι τιμές είναι ενδεικτικές, διότι η καθαρότητα των RVM δεν μετρήθηκε στο πλαίσιο της εργασίας, το ανακυκλώσιμο φορτίο του μπλε κάδου περιλαμβάνει και υλικά που δεν αποτελούν απόβλητα συσκευασίας (π.χ. έντυπο χαρτί) και, όπως εξηγείται στην ενότητα 5.7, οι συντελεστές του Συναρίου Α για το 2025 ενέχουν αβεβαιότητα. Η συστηματική σύγκριση των δύο συστημάτων σε όρους ανακύκλωσης, με μετρήσεις καθαρότητας και δεδομένα ενός ακόμη έτους, αποτελεί το επόμενο βήμα της έρευνας.

8.4 Περιορισμοί και προοπτικές

Οι κυριότεροι περιορισμοί της εργασίας συνοψίζονται ως εξής: (α) η μετατροπή των τεμαχίων RVM σε μάζα εξαρτάται από τους ετήσιους συντελεστές HMA, οι οποίοι μεταβάλλονται με τη σύνθεση των δηλωθέντων κωδικών ΕΚΑ, με έντονη μεταβολή του Σεναρίου Α το 2025 (ενότητα 5.7) (β) η ανά υλικό εκτίμηση του μπλε κάδου στηρίζεται σε δειγματοληπτικές αναλύσεις σύστασης (γ) η κατανομή του ιματισμού ανά κοινότητα είναι αναλογική εκτίμηση (δ) η αναγωγή σε μόνιμο πληθυσμό υποεκτιμά τον πραγματικά εξυπηρετούμενο πληθυσμό στις κεντρικές κοινότητες και (ε) το 2023 αποτελεί έτος μερικής λειτουργίας των RVM. Ως προοπτικές έρευνας προτείνονται η ενσωμάτωση των δεδομένων του 2026, η μέτρηση της καθαρότητας και των μοναδιαίων βαρών του ρεύματος RVM με δειγματοληπτική ζύγιση, η ανάλυση της επίδρασης της έναρξης του εθνικού Συστήματος Επιστροφής Εγγύησης στα υφιστάμενα δίκτυα και η αξιοποίηση της τηλεματικής του στόλου για τη γεφύρωση της απόκλισης μεταξύ ζυγολογιών και δηλώσεων HMA.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία και θεσμικά κείμενα

- Δήμος Θεσσαλονίκης. (2011α). Απόφαση Δημοτικού Συμβουλίου αρ. 402/2011: Έγκριση της συνεργασίας του Δήμου Θεσσαλονίκης με την Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης (Ε.Ε.Α.Α.) για τη διαχείριση των ανακυκλώσιμων υλικών (ΑΔΑ: 4ΑΓΡΩΡ5-ΙΣ). Ανακτήθηκε από <https://diavgeia.gov.gr/doc/4ΑΓΡΩΡ5-ΙΣ>
- Δήμος Θεσσαλονίκης. (2011β). Απόφαση Δημοτικού Συμβουλίου αρ. 581/2011: Έγκριση της Σύμβασης Συνεργασίας για την εναλλακτική διαχείριση δημοτικών αποβλήτων συσκευασίας με την ΕΕΑΑ ΑΕ (ΑΔΑ: 4ΑΘ4ΩΡ5-Δ). Ανακτήθηκε από <https://diavgeia.gov.gr/doc/4ΑΘ4ΩΡ5-Δ>
- Δήμος Θεσσαλονίκης. (2024). Απόφαση Δημοτικού Συμβουλίου αρ. 337/20-05-2024: Έγκριση των όρων του σχεδίου σύμβασης συνεργασίας με το Συλλογικό Σύστημα «ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ Α.Ε.» σύμφωνα με τον Ν. 4819/2021 (ΑΔΑ: 9ΤΤ7ΩΡ5-ΓΑ3). Ανακτήθηκε από <https://diavgeia.gov.gr/doc/9ΤΤ7ΩΡ5-ΓΑ3>
- Δήμος Θεσσαλονίκης & ΕΕΑΑ Α.Ε. (2024). Σύμβαση Συνεργασίας για την εναλλακτική διαχείριση δημοτικών αποβλήτων συσκευασίας της 04.07.2024 (αρ. πρωτ. 156392/08.07.2024) και τροποποιήσεις της 30.12.2024 και της 08.08.2025. Αδημοσίευτο έγγραφο.
- Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ). (2026). *Οδηγίες σήμανσης συσκευασιών που εντάσσονται στο Σύστημα Επιστροφής Εγγύησης* (Απόφαση Δ.Σ. 227.1/30.01.2026). Ανακτήθηκε από <https://www.eoan.gr/>
- ΕΛ.ΣΤΑΤ. (2023). *Απογραφή Πληθυσμού–Κατοικιών 2021: Μόνιμος πληθυσμός*. Ελληνική Στατιστική Αρχή. Ανακτήθηκε από <https://www.statistics.gr/el/2021-census-pop-hous>
- ΚΥΑ ΥΠΕΝ/ΔΔΑ/15185/193/10.02.2025 (ΦΕΚ Β' 503/11.02.2025). Καθορισμός αρμοδιοτήτων και υποχρεώσεων όλων των εμπλεκόμενων μερών και λοιπές διατάξεις για την εφαρμογή συστήματος επιστροφής εγγύησης για τις συσκευασίες ποτών μιας χρήσης από πλαστικό και μέταλλα.
- Ν. 4736/2020 (ΦΕΚ Α' 200). *Ενσωμάτωση της Οδηγίας (ΕΕ) 2019/904 σχετικά με τη μείωση των επιπτώσεων ορισμένων πλαστικών προϊόντων στο περιβάλλον και λοιπές διατάξεις*.
- Ν. 4819/2021 (ΦΕΚ Α' 129). *Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων: Ενσωμάτωση των Οδηγιών 2018/851 και 2018/852*.
- Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. (2016). *Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) Κεντρικής Μακεδονίας, 2η Αναθεώρηση*.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2020). *Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) 2020–2030* (ΠΥΣ 39/31.08.2020, ΦΕΚ Α' 185).

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Abbas, S. K. (2026). From deposit to disposition: Behavioural determinants of participation in Hungary's REpont deposit-return system. *Scientific Reports*, 16, 27225. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-67353-9>
- Berck, P., Blundell, M., Englander, G., Gold, S., He, S., Horsager, J., Kaplan, S., Sears, M., Stevens, A., Trachtman, C., Taylor, R., & Villas-Boas, S. B. (2021). Recycling policies, behavior and convenience: Survey evidence from the CalRecycle program. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 43(2), 641–658.
- Commission Implementing Decision (EU) 2019/1004 of 7 June 2019 laying down rules for the calculation, verification and reporting of data on waste in accordance with Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union, L 163, 66–100.
- Deckers, J., Duhoux, T., & Due, S. (2024). *Textile waste management in Europe's circular economy* (ETC CE Report 2024/5). European Topic Centre on Circular Economy and Resource Use.
- Directive 94/62/EC of the European Parliament and of the Council of 20 December 1994 on packaging and packaging waste. Official Journal of the European Communities, L 365, 10–23.
- Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. Official Journal of the European Union, L 312, 3–30.
- Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste. *Official Journal of the European Union*, L 150, 109–140.
- Directive (EU) 2018/852 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste. Official Journal of the European Union, L 150, 141–154.
- Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment. *Official Journal of the European Union*, L 155, 1–19.
- Directive (EU) 2025/1892 of the European Parliament and of the Council of 10 September 2025 amending Directive 2008/98/EC on waste. *Official Journal of the European Union*, L, 26.9.2025.
- Emmanouil, C., Chachami-Chalioiti, S. E., Kyzas, G. Z., & Kungolos, A. (2024). Application of the Theory of Planned Behavior to predict waste source separation. *Science of The Total Environment*, 956, 177356. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177356>

- European Environment Agency (EEA). (2024). *Management of used and waste textiles in Europe's circular economy* (EEA Briefing). Ανακτήθηκε από <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/management-of-used-and-waste-textiles-in-europes-circular-economy>
- Folinas, D., Rotsios, K., Agapitou, C., Folina, M.-T., & Fotiadis, T. (2025). Challenges in implementing deposit refund systems: A stakeholder analysis of the beverage industry. *Recycling*, 10(6), 222. <https://doi.org/10.3390/recycling10060222>
- Hahladakis, J. N., Purnell, P., Iacovidou, E., Velis, C. A., & Atseyinku, M. (2018). Post-consumer plastic packaging waste in England: Assessing the yield of multiple collection-recycling schemes. *Waste Management*, 75, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.02.009>
- Hryb, W., Wandrasz, A. J., & Matyasik, P. (2026). A detailed analysis of the morphological composition of selectively collected plastics and metals: A case study of four voivodeships in Poland. *Applied Sciences*, 16(13), 6543. <https://doi.org/10.3390/app16136543>
- Jaber, M. M., Nagy, S., Romenda, R. R., & Faitli, J. (2026). Seasonal and spatial patterns of municipal solid waste composition in Hungary within the context of extended producer responsibility. *Environmental Research Communications*, 8, 025011. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ae3c63>
- Jäämaa, L., & Kaipia, R. (2022). The first mile problem in the circular economy supply chains: Collecting recyclable textiles from consumers. *Waste Management*, 141, 173–182. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.01.012>
- Knickmeyer, D. (2020). Social factors influencing household waste separation: A literature review on good practices to improve the recycling performance of urban areas. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118605. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118605>
- Kokkinos, E., Lasaridi, K., Mitoula, R., & Abeliotis, K. (2025). Assessing a pilot door-to-door municipal collection program in Greece: Implementation insights and evaluation outcomes. *Environmental Research, Engineering and Management*, 81(2), 112–125. <https://doi.org/10.5755/j01.arem.81.2.39213>
- Konstantoglou, A., Fotiadis, T., Folinas, D., Falaras, A., & Rotsios, K. (2023). Accessing consumer perceptions of the effectiveness of the deposit refund system. *Sustainability*, 15(12), 9429. <https://doi.org/10.3390/su15129429>
- Lakhan, C. (2024). Evaluating the effectiveness, costs, and challenges of deposit return systems for beverage containers: A meta-analysis. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 13(1), 112–131. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2024.13.1.0397>

- Lavee, D. (2010). A cost-benefit analysis of a deposit–refund program for beverage containers in Israel. *Waste Management*, 30(2), 338–345. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.09.026>
- Linderhof, V., Oosterhuis, F. H., van Beukering, P. J. H., & Bartelings, H. (2019). Effectiveness of deposit-refund systems for household waste in the Netherlands: Applying a partial equilibrium model. *Journal of Environmental Management*, 232, 842–850. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.102>
- Martinho, G., Santos, P., Alves, A., & Ramos, M. (2024a). Indicators and characteristics of PET packaging collected in a Deposit and Refund System pilot project. *Heliyon*, 10(3), e25182. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25182>
- Martinho, G., Alves, A., Santos, P., & Ramos, M. (2024b). Social evaluation of a Deposit and Refund System pilot project for polyethylene terephthalate packaging. *Environmental Challenges*, 15, 100894. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100894>
- Monier, V., Hestin, M., Cavé, J., Laureysens, I., Watkins, E., Reisinger, H., & Porsch, L. (2014). *Development of guidance on Extended Producer Responsibility (EPR)*. European Commission, DG Environment. Ανακτήθηκε από <https://ec.europa.eu/environment/>
- Morell-Delgado, G., Talens Peiró, L., & Toboso-Chavero, S. (2024). Revealing the management of municipal textile waste and citizen practices: The case of Catalonia. *Science of The Total Environment*, 907, 168093.
- Nikolić, R., & Južnik Rotar, L. (2026). The effectiveness of deposit–refund systems in packaging waste management: A panel regression analysis of EU countries. *Environments*, 13(6), 342. <https://doi.org/10.3390/environments13060342>
- Oliveira, V., Sousa, V., Vaz, J. M., & Dias-Ferreira, C. (2018). Model for the separate collection of packaging waste in Portuguese low-performing recycling regions. *Journal of Environmental Management*, 216, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.065>
- Picuno, C., Gerassimidou, S., You, W., Martin, O., & Iacovidou, E. (2025). The potential of Deposit Refund Systems in closing the plastic beverage bottle loop: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 212, 107962. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107962>
- Regulation (EU) 2025/40 of the European Parliament and of the Council of 19 December 2024 on packaging and packaging waste. *Official Journal of the European Union*, L, 22.1.2025.
- Roosen, M., Mys, N., Kleinhans, K., Lase, I. S., Huysveld, S., Brouwer, M., Thoden van Velzen, E. U., Van Geem, K. M., Dewulf, J., Ragaert, K., Dumoulin, A., & De Meester, S. (2022). Expanding the collection portfolio of plastic packaging: Impact on quantity

- and quality of sorted plastic waste fractions. *Resources, Conservation and Recycling*, 178, 106025. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106025>
- Sidorczuk-Pietraszko, E., Piontek, W., & Larsson, A. (2025). Are deposit–return schemes an optimal solution for beverage container collection in the European Union? An evidence review. *Sustainability*, 17(19), 8791. <https://doi.org/10.3390/su17198791>
- Soares, B., Ramos, M., & Martinho, G. (2024). Factors to consider for the implementation of a municipal scheme for the separate collection of textile waste. *Sustainable Futures*, 7, 100203. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100203>
- Tallentire, C. W., & Steubing, B. (2020). The environmental benefits of improving packaging waste collection in Europe. *Waste Management*, 103, 426–436. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.12.045>
- Wojnowska-Baryła, I., Bernat, K., Zaborowska, M., & Kulikowska, D. (2024). The growing problem of textile waste generation: The current state of textile waste management. *Energies*, 17(7), 1528. <https://doi.org/10.3390/en17071528>

Παράρτημα Α: Τεκμηρίωση του μοντέλου Power BI

Το παράρτημα τεκμηριώνει τη δομή του μοντέλου bluebin_RVM_eap17 και τους κανόνες υπολογισμού των βασικών μεγεθών της εργασίας, ώστε οι υπολογισμοί να είναι αναπαραγώγιμοι. Ο Πίνακας Α.1 παρουσιάζει τους βασικούς πίνακες δεδομένων και τις πηγές τους και ο Πίνακας Α.2 τους ορισμούς και τους κανόνες εξαίρεσης των μεγεθών. Η συμφωνία των βάσεων φορτίου του μπλε κάδου δίνεται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας μοντέλου	Περιεχόμενο	Πηγή
kinisis2023, kinisis2024, kinisis2025	Κινήσεις οχημάτων και φορτία ανά δρομολόγιο και αιτία κίνησης	Πρόγραμμα κίνησης Δήμου (ζυγολόγια ΣΜΑ)
Blue Bin	Ενοποιημένα φορτία μπλε κάδου με αντιστοίχιση δρομολογίου σε κοινότητα	Πρόγραμμα κίνησης, επεξεργασία Power Query
Stat Data RVM	Εβδομαδιαία τεμάχια PET, CAN και GLASS ανά μηχανήμα	Πλατφόρμα eportal.envico.com
Table 5 (EK_Site Description)	Μητρώο θέσεων RVM με αντιστοίχιση σε συνοικία και κοινότητα	Δήμος Θεσσαλονίκης
HMA Παραγωγή 2023, 2024, 2025	Δηλώσεις του Δήμου ως παραγωγού ανά ΕΚΑ, παραλήπτη και εργασία	Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων
wastecloud191212_2023 έως 2025	Υπόλειμμα ΚΔΑΥ προς ταφή (ΕΚΑ 19 12 12)	Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων
ΚΔΑΥ	Αναλύσεις εισόδου–παραγωγής ΚΔΑΥ Σίνδου (13 αναλύσεις, 2023–2026)	ΕΕΑΑ, TÜV AUSTRIA
Ιματισμός 2023, 2024, 2025, Ιματισμός_Ενοποιημένος	Συλλογή ιματισμού ανά κάδο και μήνα	East West Greece IKE
Μπλε Κάδοι, Μωβ Κάδοι	Μητρώα κάδων ανά συνοικία	Δήμος Θεσσαλονίκης
Συνοικίες - ΔΕ-Τομέας, Κοινότητες_Καθαρές	Γεωχωρικός άξονας 25 συνοικιών και κοινοτήτων	Δήμος Θεσσαλονίκης
Πληθυσμιακά δεδομένα	Μόνιμος πληθυσμός ανά κοινότητα	ΕΛ.ΣΤΑΤ., απογραφή 2021
Calendar	Ημερολογιακός πίνακας για τη χρονική ανάλυση	Παράγεται στο μοντέλο

Πίνακας Α.1 Βασικοί πίνακες δεδομένων του μοντέλου bluebin_RVM_eap17 και πηγές τους.

Μέγεθος	Ορισμός	Κανόνες και εξαιρέσεις
Φορτίο μπλε κάδου, πρόγραμμα κίνησης	Άθροισμα φορτίων (t) των κινήσεων με αιτία «ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ»	Εξαιρούνται οι κινήσεις με την ένδειξη «ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ» στην περιγραφή του δρομολογίου
Φορτίο μπλε κάδου ανά κοινότητα	Άθροισμα φορτίων των δρομολογίων που αντιστοιχίζονται σε κάθε κοινότητα	Γενικά δρομολόγια, λαϊκές αγορές και λοιπά μόνο στα σύνολα του Δήμου (Πίνακας 3.2) εξαιρούνται οι κινήσεις «ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ (ΛΙΜΑΝΙ) - ΠΡΙΟΝΙΔΙ»
Ποσότητα μπλε κάδου ανά υλικό	Τύπος (2): φορτίο $\times$ μέσο ετήσιο ποσοστό ανάκτησης του υλικού στο ΚΔΑΥ	Βάση το σύνολο φορτίου μπλε κάδου (β) του Πίνακα 3.2
Συντελεστής βάρους RVM	Δηλωθείσα μάζα TEXAN στους ΕΚΑ του σεναρίου $\div$ τεμάχια του ίδιου έτους	Σεν. Α: 15 01 02, 15 01 04, 15 01 07 Σεν. Β: επιπλέον 20 01 39, 20 01 40, 20 01 02
Ποσότητα RVM ανά υλικό	Τύπος (1): τεμάχια $\times$ συντελεστής $\div$ 1.000.000	Υπολογισμός ανά έτος και μηχανήμα
Αριθμός RVM ανά κοινότητα	Διακριτά μηχανήματα με καταγραφές στην κοινότητα	Εξαιρείται το μηχανήμα 610569 (λειτουργία από 12.12.2025)
Δείκτες ανά κάτοικο	Ποσότητα $\div$ μόνιμος πληθυσμός της απογραφής 2021	Αντιστοίχιση μέσω του πίνακα κοινοτήτων
Πυκνότητα RVM	Αριθμός RVM $\div$ μόνιμος πληθυσμός $\times$ 10.000	Όπως ο αριθμός RVM ανά κοινότητα
Υπόλειμμα ΚΔΑΥ (%)	Υπόλειμμα ΕΚΑ 19 12 12 $\div$ δηλωθέν ΗΜΑ 15 01 06	Εναλλακτικά $\div$ φορτίο του προγράμματος κίνησης
Σύμμεικτα ΑΣΑ	ΗΜΑ Παραγωγή, ΕΚΑ 20 03 01: ΣΜΑ Δήμου και ΣΜΑ Δυτικής Θεσσαλονίκης (D15), ΧΥΤΑ Μαυρορράχης (D1)	Διακριτοί πρώτοι παραλήπτες, χωρίς διπλομέτρηση
Ιματισμός ανά κοινότητα	Ετήσια μάζα $\times$ (κάδοι κοινότητας $\div$ 334)	Παραδοχή ίσης μάζας ανά κάδο

Πίνακας Α.2 Ορισμοί και κανόνες υπολογισμού των βασικών μεγεθών.

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.

Κοσμάς Μηνάδης